

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ
ДЕРЖАВНОГО ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за результатами
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ

«СУЧАСНІ АСПЕКТИ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕНЕРГОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВ»

*присвячений 50-ти річчю
кафедри електромеханіки і автоматики
Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ*

Покровськ, 2017

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради
Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ (протокол № 7 від 22.03.2017 р.)

Збірник наукових праць за результатами всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні аспекти механізації та автоматизації енергоємних виробництв», Індустріальний інститут ДВНЗ ДонНТУ, 11-12 квітня 2017 року. - 393 с.

Збірник містить матеріали, в яких розглянуті питання актуальних проблем механізації і автоматизації енергоємних виробництв, розробки корисних копалин та охорони праці, соціально-економічного та наукового розвитку регіонів України.

Збірник розрахований на наукових співробітників, викладачів, інженерно-технічних працівників, а також аспірантів і студентів вищих навчальних закладів України.

Почесні члени організаційного комітету:

Ляшок Я. О. – виконуючий обов'язки ректора ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, д-р екон. наук

Шевчук С. П. – завідувач кафедри електромеханічного обладнання енергоємних виробництв, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, д-р техн. наук, професор

Самуся В. І. – завідувач кафедри гірничої механіки, Національний гірничий університет, м.Дніпро, д-р техн. наук, професор

Лапшин О. Є. – професор кафедри рудникової аерології та охорони праці, ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг, д-р техн. наук, професор

Семенченко А. К. – професор кафедри гірничі машини і мехатронні системи машинобудування, ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, д-р техн. наук, професор.

Організаційний комітет:

Придятько С. П. (*голова оргкомітету*) – виконуючий обов'язки директора Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ, канд. хім. наук, доцент

Сивокобиленко В. Ф. (*заступник голови*) – завідувач кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ, д-р техн. наук, професор

Петелін Е. А. (*заступник голови*) – декан факультету технології і організації виробництва, доцент кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ, канд. техн. наук, доцент

Зінов'єв С. М. (*заступник голови*) – доцент кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ, канд. техн. наук, доцент

Алтухова Т. В. (*секретар конференції*) – асистент кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Члени організаційного комітету

Гого В. Б. – професор кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ, д-р техн. наук, професор

Калиниченко В. В. – завідувач кафедри інженерної механіки Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ, канд. техн. наук

Несторук Н. А. – доцент кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ, канд. пед. наук

Пуханов О. О. – старший викладач кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ, канд. екон. наук

Немцев Е. М. – старший викладач кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Придятько І. В. - старший викладач кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Гончарова В. М. – асистент кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ.

Редакційна колегія повідомляє, що автори публікацій несуть відповідальність за достовірність поданої інформації, зміст матеріалів, їх мовно-стилістичне оформлення.

ЗМІСТ

Механіка, енергетика та автоматизація виробництв

Андренко П. М., Лебедєв А. Ю. ВРАХУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОЇ РІДИНИ ПРИ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАБІРИТНО-ГВИНТОВИХ НАСОСІВ	8
Артеменко Ю. А., Любименко О. М., Деркач О. О. СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І ТЕПЛОВІ ВТРАТИ ЧЕРЕЗ ЗОВНІШНЄ ОГОРОДЖЕННЯ ОБ'ЄКТА	14
Васюченко П. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ПРИ РОБОТІ НА АВТОНОМНІ ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ	18
Водічев В. А., Алдаїрі Алі РЕГУЛЯТОР ПОТУЖНОСТІ ПРИВОДУ ПОДАЧІ	23
Гого В. Б., Сыроватченко В. А. ФАКТОРЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОЁМКИХ ПРОИЗВОДСТВ	29
Дзержинська О. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОГО ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ КРОКУЮЧОГО КРИВОШИПНО-ВАЖІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ НА ДРАГЛАЙНІ	32
Зінов'єв С. М., Несторук Н. А., Придятько І. В., Скрипник С. А. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВОДОВІДЛИВУ В ГІРНИЧІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ УТАС	37
Зінов'єв С. М., Придятько І. В., Петрова Н. А. АНАЛІЗ РУЙНУВАНЬ ШАХТНИХ КОПРІВ, ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ	43
Зінов'єв С. М., Придятько І. В., Рева О. О., Пономарьов С. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ТИПІВ ГАЛЬМ У ПІДЙОМНОМУ ОБЛАДНАННІ	48
Ильин С. Р., Олейник Е. С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТКЛОНЯЮЩЕГО ШКИВА БАРАБАННОГО ТИПА С УПРУГОЙ ФУТЕРОВКОЙ ВЕДУЩИХ ЖЕЛОБОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАТЯЖЕНИЙ КАНАТОВ МНОГОКАНАТНОЙ ПОДЪЁМНОЙ УСТАНОВКИ	53
Ильин С. Р., Василькевич В. И., Дубинин М. В. ПРОБЛЕМЫ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ БАШМАКОВ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ СОСУДОВ С ЦЕЛЬНОКАТАНЫМИ КОРОБЧАТЫМИ ПРОВОДНИКАМИ ЖЕСТКОЙ АРМИРОВКИ СТВОЛОВ	60
Калиниченко В. В., Михайленко О. В. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕРЛІФТНИХ УСТАНОВОК	68
Ковалевський С. В., Залужна Г. В., Владіміров Е. О. ДОСЛІДЖЕННЯ ВАЖКОНАВАНТАЖЕНИХ ШАРНІРНИХ СИСТЕМ МАШИН ПРОМИСЛОВОГО ТРАНСПОРТУ	73
Колларов О. Ю., Остренко Д. О. РОБОТА ЕЛЕКТРОПРИВОДА З ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯМ ВІД АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ	80

Коломиец Л. В., Лимаренко А. М., Лимаренко А. С. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УПРУГОГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ ВЕСОВЫХ УСТРОЙСТВ	84
Кондратенко В. Г., Гайдук В. Д. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ШАХТНЫХ ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК	88
Крупко В. Г., Дорохов М. Ю. ОБІРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРИВОДІВ ВИКОНАВЧИХ МЕХАНІЗМІВ ЕКСКАВАТОРІВ З ПУЛЬСУЮЧИМ РУХОМ РОБОЧОГО ОРГАНА	94
Фідровська Н. М., Ломакін А. О. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕННЯ В ДРОТИНІ КАНАТУ ПРИ НАБІГАННІ НА БЛОКИ І БАРАБАНИ	102
Любищенко Е. Н. , Митин В. И. ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ РАСХОДА ПАРА НА ТЭС В ТУРБИНЕ К 50-90 ПРИ ВВЕДЕНИИ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПОДОГРЕВА ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ	106
Мінтус А. М., Куценко С. О. СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПЕЧІ ВІДПАЛУ СКЛОВИРОБІВ СКЛАДНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ	110
Нємцев Е. М., Євтушенко Д. Д. ОПТИМІЗАЦІЯ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ЗА ПРИНЦИПОМ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СУМІСНОСТІ ПРОЦЕСУ	116
Нємцев Е. М., Калінський О. П. РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ДОПОМІЖНОГО ВОДОВІДЛИВУ ПОХИЛУ	120
Несторук Н. А., Михайлов О. І. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ, ЯК ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПРОМИСЛОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	125
Несторук Н. А., Чухно Р. А. АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПУТЁМ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ	129
Сергієнко О. І., Гавенко О. В. РОЗРОБКА ПЕРЕСУВНОЇ ПОВЕРХНЕВОЇ ДЕГАЗАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ	133
Сергієнко Л. В., Гавенко О. В. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЕРЕСУВНОЇ ПОВЕРХНЕВОЇ ДЕГАЗАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ	138
Сергиенко Л. Г., Чухно Р. А. АНАЛИЗ РАБОТЫ СОВРЕМЕННОЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ	142
Сивокобиленько В. Ф., Запорожченко В. В. МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПУСКОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛИБОКОПАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА	147
Чашко М. В. ГЕНЕРАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧЕСТВА ВИБРАЦИЕЙ	151
Чашко М. В., Близнюк Є. В. ВИБІР АЛЬТЕРНАТИВНОГО ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДПРЕМСТВА	155
Чашко М. В., Евдокимов А. Н. РАЗРУШЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ РАЗРЯДОМ	159

Чашко М. В., Сергієнко Л. Г., Алтухова Т.В., Кудлатий Є. В.	163
ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УМОВАХ ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ	
Чашко М. В., Симивол В. А.	169
ВНЕДРЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ГОРНУЮ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ	
Чернишев В. І.	173
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ АСИНХРОНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ГІРНИЧИХ МАШИН	
Чернишев В. І., Більмак Т. С.	179
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЦІ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ	
Чикунів П. О.	183
РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ЗАСВОЄННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ	

Геометричне та комп'ютерне моделювання об'єктів, явищ, процесів і технологій

Владимиров Э. А., Залужная Г. В., Ковалевский С. В.	188
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИЛОВОГО РАСЧЁТА РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ БЕЗ УЧЁТА И С УЧЁТОМ ТРЕНИЯ	
Зінов'єв С. М., Придятько І.В., Гончарова В. М., Шульженко В.В.	195
РІШЕННЯ КОНТАКТНОЇ ЗАДАЧІ ВЗАЄМОДІЇ В СИСТЕМІ РІЗЕЦЬ-РІЗЦЕТРИМАЧ-МАСИВ	
Зінов'єв С.М., Чашко М.В., Близнюк Є.В., Козій І.А.	202
МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ ПОВІТРЯНИХ ПОТОКІВ В ОКОЛИЦЯХ ПОВЕРХНЕВОГО КОМПЛЕКСУ ШАХТИ	
Колларов О. Ю., Зіненко М. В.	208
АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕОРІЙ БАГАТОВИМІРНИХ СИСТЕМ ОРТОГОНАЛЬНИХ ФУНКЦІЙ	
Колларов О. Ю., Зіненко М. В.	213
ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ САМОЗАПУСКУ СИСТЕМИ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ТЕС	
Колларов О. Ю., Придятько І.В., Пупченко А.І., Єрмишев В. А.	220
БЕЗТРАНСФОРМАТОРНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	
Крупко І.В.	225
МОДЕЛЮВАННЯ КРОКУЮЧИХ МЕХАНІЗМІВ ПЕРЕСУВАННЯ ПОТУЖНИХ ЕКСКАВАТОРІВ	
Куцерубов В.М., Панасенко Є.В.	232
ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ ШАХТНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ	
Нелюба Д.М.	235
РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЕКОНОМАЙЗЕРА ПАРОВОГО КОТЛА	
Сивокобиленко В. Ф., Запорожченко В. В.	241
МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМУ ПУСКА СИНХРОННОГО ДВИГУНА	
Сидоров А.А., Малтыз С. С.	246
СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МОДЕЛИРОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ПРОЦЕССОВ, СВЯЗАННЫХ С РКТ	

Сільвестров А.М., Гонтар М.М. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ ПРИ НАЯВНОСТІ ШУМІВ У СИГНАЛІ	251
Устенко С. А. ПОБУДОВА ПЛОСКОЇ КРИВОЇ ІЗ ПАРАБОЛІЧНИМ РОЗПОДІЛОМ КРИВИНИ НА ОБМЕЖЕНІЙ ПЛОЩИНІ	258
Чашко М. В., Зінов'єв С.М, Шитець Д. І., Пупченко В.І. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛОМ ГЕНЕРАЦІЇ	264
Чашко М. В., Колларов О.Ю., Зінов'єв С.М., Мазур Д. Є. ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ТРИФАЗНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА	268
Шефер О. В. СУЧАСНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ ЗАВАДОСТІЙКОГО ЗВ'ЯЗКУ ПІД ЧАС ВЗАЄМОДІЇ РАДІОХВИЛЬ ІЗ ІОНІЗОВАНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ	272

Геомеханічні проблеми розробки корисних копалин та охорона праці

Гого В. Б., Сироватченко В. О., Михайлов О. І. ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСОБІВ БОРОТЬБИ З ПИЛОМ ДЛЯ СУЧАСНИХ ГІРНИЧИХ КОМПЛЕКСІВ	276
Зінов'єв С. М., Гончарова В. М., Соболев Є. А., Славінський В. О. ВПЛИВ ПОЧАТКОВОГО РОЗПОРУ НА ВЗАЄМОДІЮ З БОКОВИМИ ПОРОДАМИ	283
Кодунов Б.А. ЗАКОНОМЕРНОСТІ РАСПОЛОЖЕНИЯ ТОЧЕК ПЕРЕГИБА КРИВОЙ ОСЕДАНИЙ	288
Куцерубов В.М., Хейло А.О. ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ІНІЦІЮВАННЯ СВЕРДЛОВИННИХ ЗАРЯДІВ ЛІНІЙНИМИ ІНІЦІАТОРАМИ НА МОДЕЛЯХ З ОПТИЧНО АКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ	294
Нестеренко В.Н., Богданова О.Н. МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИЗУЧЕНИЯ ГАЗОНОСНОСТИ ПОРОД И ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ЕЕ ПАРАМЕТРОВ	297
Парфенюк О. С., Довгаль Ю. С. ПОЛІПШЕННЯ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ ГІРНИЧОЇ МАСИ ПРИ РУЙНУВАННІ МАСИВУ ВИКОНАВЧИМИ ОРГАНАМИ ГІРНИЧИХ МАШИН	305
Петелін Е.А. ПРО СУМІСНІСТЬ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН І ГІРСЬКИХ ПОРІД ЗА КРИТЕРІЄМ РАЦІОНАЛЬНОГО ЕНЕРГОНАСИЧЕННЯ	312
Пуханов О. О., Михайлов О. І. МЕТОДИ УСУНЕННЯ НЕДОЛІКІВ В РОБОТІ ШАХТНИХ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ	318
Сергієнко О.І., Вербна Т.П. РАЦІОНАЛЬНІ УМОВИ РОЗТАШУВАННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК	322
Сергієнко О.І., Жук Д.В. РОЗПОДІЛ ДЖЕРЕЛ МЕТАНОВИДІЛЕННЯ ПО ЗОНАМ СИСТЕМ АЕРОДИНАМІЧНО ЗВ'ЯЗАНИХ ТРІЩИН (САЗТ) НА ПРИКЛАДІ ШАХТИ «КАПІТАЛЬНА»	328

**Соціальні, економічні, організаційні та науково-педагогічні
аспекти роботи виробництв**

Зубенко Ю. Д., Бильмак Т. С. ОСОБЕННОСТИ МЕНЕДЖМЕНТА НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ ЕГО РАЗВИТИЯ	333
Медяник В. Ю. КРЕАТИВНИЙ ПІДХІД ДО ПРОЕКТУВАННЯ НОВИХ ГОРИЗОНТІВ ГАЗОВУГІЛЬНИХ ШАХТ	339
Моїсєєнко Л. М. КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ЯК УМОВА ЗБАЛАНСОВАНОГО СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ КРАЇНИ	349
Несторук Н. А. ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ В МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ- ЕЛЕКТРОМЕХАНІКІВ ФАХОВО ЗНАЧУЩИХ УМІНЬ ЗАСОБАМИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	354
Поліщук Н. О., Михалко М. П., Міщишин Д. К. ДОСЛІДЖЕННЯ СОЦІАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ НА РЕГІОНАЛЬНИХ РИНКАХ ПРАЦІ	359
Пуханов А. А., Пуханова Л. С. МЕТОДЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО И ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК ТЭК НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЛИНГА	365
Самофалова Т. В., Самофалов В. В. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВОДА И РАБОТА СТУДЕНТОВ С АНГЛИЙСКИМИ ТЕКСТАМИ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ	371
Сергієнко Л. Г. ПРОФЕСІЙНО-ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ НАВЧАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИМ ДИСЦИПЛІНАМ У ВИЩОМУ ТЕХНІЧНОМУ НАВЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ	374
Сергієнко Л. Г., Бильмак Т. С. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ІНТЕГРАЦІЇ В ДИНАМІЧНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ І ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ	379
Цимбал О. Ю. СИСТЕМНІ АСПЕКТИ В УПРАВЛІННІ ПІДГОТОВКОЮ ФАХІВЦЯ ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ	384
	389

УДК 621.65

П. М. Андренко (д-р техн. наук, професор),
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

А. Ю. Лебедєв (канд. техн. наук, доц.)
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ВРАХУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОЇ РІДИНИ ПРИ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАБІРИТНО-ГВИНТОВИХ НАСОСІВ

Анотація: В даній статті наведено врахування параметрів робочої рідини при розрахунку характеристик лабіритно-гвинтових насосів, уточнено фізичну модель його робочого процесу, рекомендовано значення в'язкості рідини, що перекачується.

Ключові слова: параметр, газорідинна суміш, робоча рідина, гідроагрегат, лабіритно-гвинтовий насос, енергоспоживання.

Актуальність проблеми. Сучасний рівень і подальший розвиток техніки нерозривно пов'язані з інтенсифікацією роботи гідравлічних систем та агрегатів, поліпшенням їх технічного рівня і конкурентоспроможності. Основною і невід'ємною складовою будь-якої гідравлічної системи є насоси. При розробці та проектуванні насосів провідними фірмами-виробниками велика увага приділяється підвищенню їх технічного рівня, зниженню шуму і вібрації за рахунок удосконалення процесів розподілення, профілювання проточної частини, використання гідростатичного розвантаження, зменшення об'єму робочої камери тощо. Стосовно лабіритно-гвинтових насосів (ЛГН), які знайшли широке застосування в хімічній промисловості і нафтовидобутку та використовуються при значеннях коефіцієнта швидкохідності $n_s = 10 \dots 40$, доцільним є підвищення їх робочих характеристик, надійності та енергозбереження на основі сучасних методів проектування і дослідження. Завдяки особливостям робочого процесу і відсутності механічного тертя деталей сфера можливого використання ЛГН при роботі на агресивних середовищах значно ширша порівняно з насосами з аналогічним n_s . Слід зазначити, що високий рівень турбулентності в зазорах ЛГН забезпечує можливість перекачування неоднорідного середовища (яке не містить значної кількості абразивних часток) – газорідинних емульсій, суспензії дрібних часток в рідинах, а також використання насосів як змішувачів. На сьогодні фізика робочого процесу ЛГН недостатньо досліджена, а розрахунок їх робочих характеристик базується на використанні емпіричних коефіцієнтів, що визначені експериментальним шляхом. Існуючі конструкції ЛГН потребують подальшого удосконалення для забезпечення стійкої роботи на робочих рідинах (РР) з великим газовмістом, підвищення вихідних характеристик та технічного рівня.

Теоретико-експериментальний аналіз існуючих конструкцій ЛГН, методів їх розрахунку та проектування дозволяє визначити ряд особливостей, без урахування яких неможливо підвищити їх технічний рівень. Для цього необхідно уточнити фізичну модель робочого процесу, розробити теорію розрахунку та проектування, яка дозволяє виконувати розрахунок без емпіричних коефіцієнтів, враховувати при математичному описі гідродинамічних процесів, які відбуваються в ЛГН, характеристики РР, що змінюються в процесі функціонування, її газовміст при роботі ЛГН в якості вхідного ступеня занурювальних насосів, що використовуються при нафтовидобутку.

Таким чином розробка теорії робочого процесу ЛГН на базі узагальненої фізичної моделі, створення методики розрахунку та проектування, яка базується на багатокритеріальній оптимізації параметрів, що є підґрунтям для підвищення технічного рівня та удосконалення конструкції, є актуальною науково-практичною проблемою.

Метою даної роботи є максимальне врахування особливостей фізичних та гідродинамічних процесів, які відбуваються в гвинтовій канавці ЛГН в процесі його функціонування, що дозволить уточнити фізичну модель його робочого процесу.

Аналіз попередніх досліджень. Значний внесок у дослідження роботи насосів на газорідинних сумішах з великим вмістом газової складової зроблено на кафедрі прикладної гідроаеромеханіки СумДУ під керівництвом проф. Євтушенка А.О., наприклад роботи [1, 2]. Але в даних роботах не розглядаються ЛГН. Конструкціям відцентрових насосів для подачі рідин з великим газовмістом присвячена стаття [3]. Проте в ній відсутній аналіз впливу газовмісту РР на робочі характеристики насосів. Найбільш повно ці питання знайшли висвітлення в монографії А.І. Голубєва [4]. В ній наведено методику розрахунку характеристик ЛГН, що працюють на газорідинній емульсії, але дана методика містить емпіричні коефіцієнти, визначені експериментальним шляхом. Говориться про добрий збіг теоретичних розрахунків з експериментальними даними. При проведенні експериментальних досліджень газ та рідина подавалися на вхід насоса через окремі входи, що не відповідає його реальним умовам роботи. Відзначено, що розроблена методика потребує уточнення на основі теоретичних та експериментальних досліджень таких насосів.

Основний матеріал дослідження. Точність розрахунку робочих характеристик та моделювання гідродинамічних процесів у насосах, незалежно від їх типу, залежить від правильного визначення параметрів РР. При дослідженні таких процесів використовують диференціальні рівняння, до складу яких входять: густина, в'язкість, модуль об'ємної пружності, температура, газовміст. Більшість дослідників приймають значення цих параметрів постійними, рівними їх середньому значенню за час функціонування гідроагрегатів (ГА).

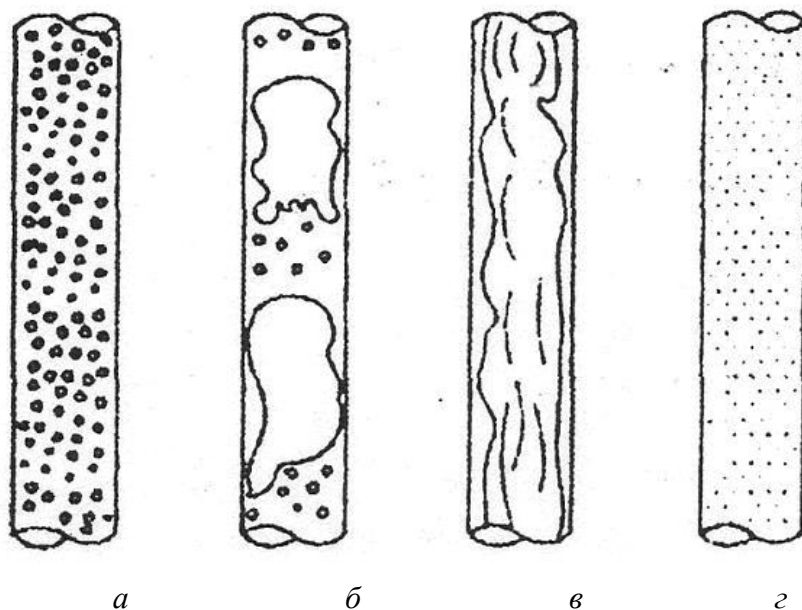


Рисунок 1 – Структура газорідинних сумішей:

а – бульбашкова; б – пробкова або снарядна; в – кільцева; г – дисперсна

ЛГН використовуються для перекачування газорідинних сумішей. Тому при розрахунку їх характеристик необхідно враховувати структуру суміші. Уся різноманітність структур газорідинних сумішей може бути зведена до чотирьох основних груп (рис. 1) [5]:

а) бульбашкова течія – газова фаза у вигляді окремих бульбашок різної величини і форми рівномірно розподілена у середовищі рідини, яке є дисперсним;

б) пробкова або снарядна течія – частина газових бульбашок зливається і займає майже весь поперечний переріз труби; крупні бульбашки, що утворилися, мають характерну форму у вигляді снарядів, які рухаються трубопроводом один за одним та розділені шаром рідини або газорідинною сумішшю;

в) кільцева (осьова) течія (стрижневий режим) – на стінках трубопроводу є рухомий шар рідини або плівка, в центрі трубопроводу рухається газовий потік;

г) дисперсна течія (режим туману) – увесь переріз труби зайнятий газовим потоком із завислими у ньому крапельками рідини.

При дослідженнях ЛГН вважали, що структура газорідинної суміші є бульбашковою.

Характер зміни температурного режиму роботи ГА у загальному випадку невідомий, тому початковою T_0 і змінною температурою рідини $T(t)$ задаються, визначаючи останню з теплового розрахунку ГА в усталеному режимі або приймаючи на підставі даних експлуатації подібних ГА. Приймають, що РР добре очищена, а тверді частки, що присутні в ній, не впливають на роботу ГА.

Зі збільшенням тиску та розширенням діапазону робочих температур ГА значимість параметрів РР зростає [6]. Так при збільшенні температури РР на кожні 10°C в діапазоні $30\ldots 70^\circ\text{C}$ відбувається зменшення енергоспоживання ГА на величину від 1,7 % до 6 %, а різне навантаження на виконавчому механізмі впливає на тривалість часу виходу її на сталий режим теплового балансу [7]. Температура РР у ГА з водяним охолодженням знаходиться в межах $50\ldots 60^\circ\text{C}$, а з повітряним – $70\ldots 80^\circ\text{C}$ [8]. Тому на першому етапі моделювання робочих процесів у ГА приймають значення температури РР постійним – рівним її середньому значенню у даному температурному діапазоні. Зазначимо, що за даними ЗАТ «ХЕМЗ ІРЕС» температура РР у свердловині знаходиться в межах $120\ldots 160^\circ\text{C}$, що потребує врахування при проектуванні ЛГН, які працюють у якості вхідних ступенів занурювальних насосів.

Значний вплив на параметри РР має нерозчинене повітря, що міститься в ній. У роботі [9] встановлено, що бульбашки повітря рівномірно розподілені по усьому об'єму РР, їх випадкові радіуси становлять $0,065\ldots 0,075$ мм, середньоквадратичне відхилення яких складає $0,032\ldots 0,037$ мм, та в одному кубічному міліметрі РР знаходиться в середньому 7...8 бульбашок повітря. Це відповідає концентрації газоповітряної фази 1,4...1,6 % та співпадає з даними концентрації нерозчиненого повітря у відкритих гідросистемах (1...2 %), наведеними в різних літературних джерелах, наприклад [8]. Таким чином далі розглядаємо бульбашкову, згідно з класифікацією [5], течію рідини, у якій газова фаза у вигляді окремих бульбашок різної величини і форми рівномірно розподілена у середовищі рідини, що є дисперсним. Зазначимо, що при зміні тиску у ГА нерозчинене повітря переходить у розчинене і навпаки, причому такий перехід у першому наближенні відбувається за експонентою з постійною часу. Наприклад для масла АМГ-10А перехід з газоподібного стану у розчинений при тиску 5 МПа становить 2580 с, а при зворотному процесі – 25200 с, тобто на порядок більше. Слід зазначити, що при турбулентному русі РР значення цих постійних часу зменшується на два-три порядки [10].

Зміну об'єму розчиненого повітря у РР на окремих ділянках ГА, приймаючи постійним значення об'єму рідинної фази, визначають за залежністю:

$$W_{r0}(t) = \frac{\alpha W_p p(t)}{p_0}, \quad (1)$$

де α – коефіцієнт розчинності повітря у РР.

З урахуванням формули (1) об'єм нерозчиненого повітря у РР визначають за залежністю:

$$W_r(t) = W_{r\Sigma} - W_{r0}(t), \quad (2)$$

де $W_{r\Sigma}$ – сумарний об'єм розчиненого та нерозчиненого повітря у РР.

Врахування розчиненого у РР повітря або газу натрапляє на великі труднощі, тому більшість дослідників розчиною фазою РР нехтують. Похибка в результаті такого припущення не перевищує 1 %.

Для визначення характеристик двофазної РР використовували аналітичні залежності з роботи [11], які наведені нами у такому вигляді:

- модуль об'ємної пружності:

$$E_c(t) = k[p(t)+1][Ap(t)+B] \frac{(1-m_0)^A \sqrt{\frac{Ap_0+B}{Ap(t)+B}} + m_0^k \sqrt{\frac{p_0+1}{p(t)+1}}}{k[p(t)+1](1-m_0)^A \sqrt{\frac{Ap_0+B}{Ap(t)+B}} + m_0[Ap(t)+B]^k \sqrt{\frac{p_0+1}{p(t)+1}}}; \quad (3)$$

- густина:

$$\rho_c(t) = \rho_{p0} \left\{ (1-m_0) \left[1 + \frac{p(t)-p_0}{E_c(t)} \right] \left[\frac{1}{1+\alpha(T(t)-T_0)} \right] \right\} + \rho_{r0} m_0 \frac{p(t)}{p_0} \frac{T_0}{T(t)}; \quad (4)$$

- коефіцієнт динамічної в'язкості:

$$\mu_c(t) = \mu_0(1+1,5m_0) \left[1 + a \frac{p(t)-p_0}{p_0} \right] e^{-\lambda_T(T(t)-T_0)}; \quad (5)$$

- коефіцієнт кінематичної в'язкості:

$$\nu_{tc}(t) = \mu_c(t)/\rho_c(t). \quad (6)$$

У наведених вище формулах позначено: k – показник політропи; A, B – параметри рідини залежно від її температури і типу, визначаються з статті [12]; $m_0 = \frac{W_{r0}}{W_{c0}}$ – відношення фази нерозчиненого повітря W_{r0} до повного об'єму суміші W_{c0} ; ρ_{p0} і ρ_{r0} – густина рідини і газової складової при нормальних умовах відповідно; α – температурний коефіцієнт об'ємного розширення рідини; T_0 і $T(t)$ – абсолютна початкова і змінна температури рідини в ГА відповідно; a, λ_T – коефіцієнти ($a = 0,003$, λ_T , залежить від типу рідини та знаходиться в межах 0,023... 0,028).

Модуль пружності РР у ГА з урахуванням матеріалу труб і їх конструктивних розмірів розраховують за залежністю [13]:

$$E_{тр}(t) = \frac{E_c(t)}{1 + \frac{d_{тр} E_c(t)}{\delta_{тр} E_{тр}}}, \quad (7)$$

де $E_{тр}(t)$ – приведений модуль пружності РР; $d_{тр}$ і $\delta_{тр}$ – відповідно діаметр і товщина стінки труби; $E_{тр}$ – модуль пружності матеріалу труби.

Розрахунок модуля об'ємної пружності РР з використанням залежності (7) дозволяє з високою точністю визначити його значення для обмеженої кількості типів РР, для яких значення емпіричних коефіцієнтів відомі. Подальший розвиток промисловості привів до створення та використання у сучасних ГА нових типів РР, для яких значення емпіричних коефіцієнтів, що входять до формули (7), невизначені. Тому, у роботі [14] для розрахунку модуля об'ємної пружності РР з урахуванням газовмісту та рівня тиску в ГА пропонується використовувати наближену залежність:

$$E_{\text{см}} = E_p \frac{p^2 (W_p^* + W_r^* \frac{p_0}{p})}{W_p^* p^2 + W_r^* E_p p_0}, \quad (8)$$

де W_p^* – відношення об'єму РР W_p до сумарного об'єму W_Σ , $W_\Sigma = W_p + W_r$;

W_r^* – об'єм нерозчиненого повітря, приведений до нормальних умов, $W_r^* = \frac{W_r}{W_\Sigma}$.

Однак залежність (8) не враховує зміну тиску в ГА у процесі функціонування, що дещо зменшує її точність.

У статті [15] отримано залежність для розрахунку зміни в часі густини РР з урахуванням газовмісту та зміни тиску в ГА:

$$\rho(t) = \rho_{\text{РР}0} (1 - z) \left[1 + \frac{p(t) - p_0}{E_{\text{см}}} \right] + \rho_{\text{Г}0} z \frac{p(t)}{p_0} \quad (9)$$

де $\rho_{\text{РР}0}$ і $\rho_{\text{Г}0}$ – відповідно густина РР і газу при тиску p_0 ; z – частка об'єму рідинно-газової суміші (середовища), зайнятої газом, $z = \frac{W_r}{W_p}$.

Однак залежність (9) містить постійне значення модуля об'ємної пружності РР та не враховує зміни об'єму нерозчиненого повітря у ГА. Це знижує точність розрахунків. Слід зазначити, що для ЛГН рекомендована в'язкість рідини, що перекачується, повинна знаходитися у межах 3...40 сСт.

Висновки. Таким чином, визначені параметри робочої рідини, урахування яких дозволить підвищити точність розрахунку нестационарних гідродинамічних процесів, що відбуваються в лабиринтно-гвинтових насосах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Евтушенко А.А. Коэффициент полезного действия свободновихревого насоса типа «Туго» при работе на чистой жидкости и на газожидкостной смеси / А.А. Евтушенко, С.В. Сапожников, В.А. Соляник // Вестник НТУУ «КПИ»: Машиностроение, 1999. – Вып. 36. – Т. 1. – С. 249–255.
2. Сапожников С.В. Перекачивание газожидкостных смесей динамическими насосами / С.В. Сапожников // Гідроаеромеханіка в інженерній практиці. матер. II респуб. наук.-техн. конф. – 28–30 мая 1998 р. – Черкасы, 1998 – С. 81–86.
3. Grabow G. Untersuchungen an einer Labyrinthpumpe / G. Grabow. – Maschinenbautechnik, 1964. – Р. 12–15.
4. Голубев А.И. Лабиринтно-винтовые насосы и уплотнения для агрессивных сред / А.И. Голубев. – М. : Машиностроение, 1981. – 112 с.
5. Евтушенко А.А. Турбомашины для перекачивания газожидкостных смесей / А.А. Евтушенко, Э.В. Колисниченко, С.В. Сапожников // Вісник СумДУ. – 2004. – № 13 (72). – С. 45–49.
6. Трофимов В.А. Рабочие жидкости систем гидропривода : учеб. пособие / В.А. Трофимов, О.М. Яхно, А.П. Губарев, Р.И. Соломин. – Киев : НТУУ «КПИ», 2009. – 184с.
7. Губарев О.П. Влияние температурного режима работы многоприводных цикловых систем объемного гидропривода на уровень энергоспожирования / О.П. Губарев, О.В. Левченко, О.В. Ветрова // Вісник НТУУ «КПИ», Машинобудування, 2009. – № 59. – С. 216–219..
8. Свешников В.К. Станочные гидроприводы: справочник / В.К. Свешников. – М. : Машиностроение, 1995. – 448 с.
9. Специальные насосы. Вихревые и центробежные [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.bibliotekar.ru/spravochnik-117-nasos/30.html.

10. Кондаков Л.А. Машиностроительный гидропривод / Л.А. Кондаков, Г.А. Микитин, В.Н. Прокофьев и др. – М. : Машиностроение, 1978. – 495 с.
11. Лурье З. Исследование рабочего процесса мехатронного гидроагрегата системы смазки металлургического оборудования с учетом характеристик двухфазной жидкости / З. Лурье, И. Федоренко // MOTROL: Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of sciences. – Lublin. – 2010. – Vol. 12 C. – С. 10–25.
12. Прокофьев В.Н. Экспериментальное исследование упругих свойств двухфазных рабочих жидкостей гидроприводов объемного типа / В.Н. Прокофьев, И.А. Лузанова, и др. // Известия ВУЗов. Машиностроение. – 1968. – № 2. – С. 87–93.
13. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем : учеб. для вузов / Д.Н. Попов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1987. – 464 с.
14. Данилов Ю.А. Аппаратура объемных гидроприводов. Рабочие процессы и характеристики / Ю.А. Данилов, Ю.Л. Кирилловский, Ю.Г. Колпаков. – М. : Машиностроение, 1990. – 272 с.
15. Андренко П. М. Особливості врахування газовмісту робочої рідини при дослідженнях гідросистем / П.М. Андренко, І.П. Гречка // Промислова гідравліка і пневматика – Вінниця : ВДАУ, 2009. – № 2 (24). – С. 71–73.

П. Н. Андренко,

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

А. Ю. Лебедев

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

УЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАБИРИТНО-ВИНТОВОГО НАСОСА

Аннотация: В данной статье приведено учет параметров рабочей жидкости при расчете характеристик лабиритно-винтовых насосов, уточнена физическая модель его рабочего процесса, рекомендовано значения вязкости перекачиваемой насосом жидкости.

Ключевые слова: параметр, газожидкостная смесь, рабочая жидкость, гидроагрегат, лабиритно-винтовой насос, энергопотребление.

P. Andrenko,

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

A. Lebedev

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

CONSIDERING SETTING WORKING FLUID WHEN CALCULATING CHARACTERISTICS LABIRYTNO-SCREW PUMPS

Annotation: In this article the consideration of options in the calculation of the working fluid characteristics labirytno-screw pumps specified physical model of his working process, recommended viscosity of fluid pumped.

Keywords: setting, gas-liquid mixture fluid, hydraulic aggregate, labirytno-screw pump, energy consumption.

Ю. А. Артеменко (канд. техн. наук, доц.),
ДВНЗ «Донецький Національний Технічний Університет»

О. М. Любименко (канд. фіз.-мат. наук, доц.),
ДВНЗ «Донецький Національний Технічний Університет»

О. О. Деркач,
ДВНЗ «Донецький Національний Технічний Університет»

СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І ТЕПЛОВІ ВТРАТИ ЧЕРЕЗ ЗОВНІШНЄ ОГОРОДЖЕННЯ ОБ'ЄКТА

Анотація: У роботі визначили питомі теплові втрати та розрахункові теплові втрати через зовнішнє огородження об'єкта, розглянули проблеми та принципи теплопередачі через зовнішню стінку будівлі (об'єкта).

Ключові слова: теплопостачання, огороджуючі конструкції, теплові втрати, тепла електроцентральної, одношарова стінка, теплофікація.

Постановка проблеми. Системи централізованого теплопостачання характеризуються поєднанням трьох основних ланок: теплоджерел, теплових мереж і місцевих систем теплоспоживання (тепловикористання) окремих будівель і споруд. При використанні органічного палива джерелом теплової енергії може бути котельна установка або ТЕЦ, на атомних станціях теплопостачання для отримання теплової енергії використовується ядерне паливо, в ряді випадків в якості допоміжних використовуються поновлювані джерела теплоти – геотермальна енергія, енергія сонячного випромінювання та ін. У системах централізованого теплопостачання теплові джерела розміщуються у відокремлених будівлях, а транспорт теплоти від них здійснюється по трубопроводах теплових мереж, до яких приєднані системи теплоспоживання. Тому проблема збереження енергії у споживача має першочергове значення. У статті приведено розрахунок одношарової стінки будівлі яка сприяє збереженню тепла на об'єкті.

Аналіз попередніх досліджень. Розвиток теплофікації та централізованого теплопостачання висуває важкі наукові та інженерні задачі, вдале та правильне рішення яких у значній мірі залежить від підготовки інженерно-технічних та наукових кадрів. Враховуючи складність устаткування та дуже високу питому фондоемність у енергетиці до експлуатаційного персоналу ТЕС та систем теплопостачання висуваються доволі високі, а той час й жорсткі вимоги згідно рівня підготовки й знань. Дійсно, слабка підготовка персоналу, низька його кваліфікація, при окремих умовах, можуть призвести до великих аварій на устаткуванні, вартість якого може вилитися у сотні тисяч, або навіть мільйони гривень. Тому підготовка та навчання персоналу є одною з найперших задач на станції та в системах теплопостачання.

Мета статті. Провести розрахунок теплової втрати одношарової зовнішньої стінки об'єкта.

Викладення основного матеріалу дослідження. Підведення теплоти у приміщення виконується через систему опалення та призначений для компенсації теплових втрат теплопередачі та на інфільтрацію через зовнішнє огородження.

Більшість будівельних матеріалів є пористими тілами. У порах знаходиться повітря, яке рухається, а значить може переносити теплоту конвекцією.

Вважається, що конвективною складовою теплопровідності будівельних матеріалів можна знехтувати з огляду на її розміри. У середині між поверхнями її стінок відбувається проміневий теплообмін. Передача теплоти випромінюванням у порах матеріалів визначається головним чином розмірами пор, тому що чим більші пори, тим більші різності температури на її стінках. При розгляді теплопровідності характеристики цього процесу відносять до загальної маси речовини: скелету та порам загалом.

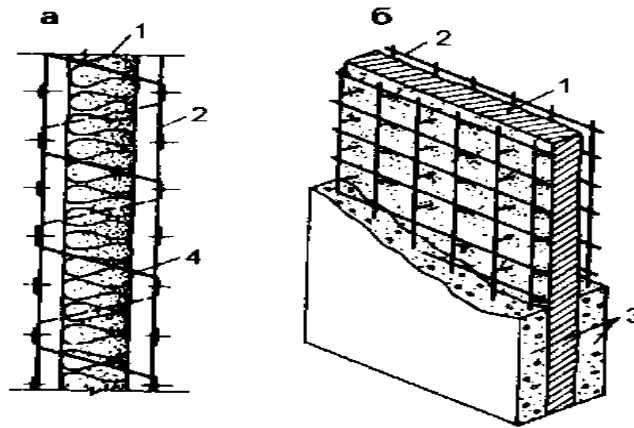


Рисунок 1 - Поперечний переріз панелі та тришарова конструкція з торкретированими шарами бетону: 1 – плита жорсткого пенополиуретану; 2 - арматурний каркас; 3 – торкбетон; 4 – гнучкі міжзв'язки конструкції.

Взагалі, при теплотехнічних розрахунках зовнішніх огорожуючих конструкцій приймається, що теплопередача відбувається при стаціонарних теплових умовах, тобто при постійності у часах усіх характеристик процесу: теплового потоку, температури у кожній точці, теплофізичних характеристик будівельних матеріалів. Тому важливо розглянути процес одновірної стаціонарної теплопровідності у однорідному матеріалі.

Варто також враховувати, що теплопровідність матеріалу збільшується з підвищенням температури, при якій відбувається передача теплоти. Збільшення теплопровідності матеріалів обумовлюється також збільшенням кінетичної енергії молекул скелету речовини. А також збільшується теплопровідність повітря у порах матеріалу, та інтенсивність передачі у них теплоти випромінюванням.

Теплообмін тепловою провідністю має місце у матеріальних межах огорожуючих конструкцій будівлі.

Процес одновірної стаціонарної теплопровідності в однорідному матеріалі описується рівнянням Фур'є:

$$qT = -\lambda \left(\frac{dt}{dx} \right)$$

де qT – поверхнева щільність теплового потоку, який проходить через площину, перпендикулярну тепловому потоку (Вт/м²)

λ – теплопровідність матеріалу (Вт/м·°C)

t – температура (°C)

Можете запитати: «А чи є якісь новітні розробки у питанні збереження тепла?», і є відповідь – «Авжеж!». Покриття рідкою керамікою теплової ізоляції зовнішнього огороження об'єкту, яке складається з полімерної основи з наповнювачем із керамічних мікросфер. Практично усі види розглядаємих покриттів на водяній основі, тому вони екологічно чисті. Даний вид матеріалів став з'являтися на ринці зовсім недавно, тому відсутній досвід практичного використання та лабораторних випробувань, які можуть хизуватися традиційні види теплової ізоляції.

Але не зважаючи на це, вже можна виділити основні плюси таких покриттів:

- енергозберігаюче та надійне теплоізоляційне покриття;
- володіє низьким коефіцієнтом теплопровідності;
- забезпечує ефективну та довгострокову теплову ізоляцію без змінення теплотехнічних властивостей, а також не залежить від стану навколишнього середовища;
- матеріал може наноситись на об'єкти зі складною геометричною поверхнею;
- наноситься цей матеріал – розпиленням, не потребує важких та дорогих монтажних робіт;

- нетоксичний, екологічно безпечний матеріал на водяній основі, який не впливає на ґрунт та ґрунтові води.

Визначимо питомі теплові втрати та розрахункові теплові втрати через зовнішнє огороження будівлі висотою 20 м., довжиною 86 м. та шириною 14 м.. При цьому враховуючи: коефіцієнт скління дорівнює 0,2; коефіцієнт теплопередачі стін 1,2 Вт/м²·°C; коефіцієнт теплопередачі вікон 3,23 Вт/ м²·°C; коефіцієнт теплопередачі стелі 0,9 Вт/ м²·°C; коефіцієнт теплопередачі підлоги 0,77 Вт/ м²·°C. А також оперуючи даними коефіцієнта зниження розрахункової різниці температур для стін ($\psi = 1$), вікон ($\psi = 1$), стелі ($\psi = 0,8$) та підлоги ($\psi = 0,6$). Температура усередині приміщення 18 °C, а температура зовнішнього повітря -35 °C.

Питомі теплові втрати теплопередачі через огороження будівель розраховується за формулою:

$$q_0 = \frac{\sum (k \cdot F \cdot \psi)}{V}$$

Визначимо поверхню стін:

$$F_{\text{стін}} = (l + a) \cdot 2 \cdot h \cdot (1 - \psi_{\text{стін}}) = 3200(\text{м}^2)$$

Також поверхню скління:

$$F_{\text{скління}} = (l + a) \cdot 2 \cdot h \cdot (1 - \psi_{\text{скління}}) = 800(\text{м}^2)$$

А тепер поверхню стелі:

$$F_{\text{стелі}} = l \cdot a = 1204(\text{м}^2)$$

Знайдемо об'єм приміщення та можемо визначати питомі теплові втрати теплопередачі:

$$\begin{aligned} V &= l \cdot a \cdot h = 24080(\text{м}^3) \\ q_0 &= \frac{(k_{\text{стін}} \cdot F_{\text{стін}} \cdot \psi_{\text{стін}}) + (k_{\text{скління}} \cdot F_{\text{скління}} \cdot \psi_{\text{скління}}) + (k_{\text{стелі}} \cdot F_{\text{стелі}} \cdot \psi_{\text{стелі}})}{V} = \\ &= \frac{(1,2 \cdot 3200 \cdot 1) + (3,23 \cdot 800 \cdot 1) + (0,9 \cdot 1204 \cdot 0,8)}{24080} = 0,325(\text{Вт/м}^3) \end{aligned}$$

Знаючи усі потрібні дані визначимо розрахункові теплові втрати через однорідне огороження:

$$Q_0 = q_0 \cdot V \cdot (t_{\text{в.в.}} - t_{\text{н.в.}}) = 0,325 \cdot 24080 \cdot (18 + 35) = 337553(\text{Вт})$$

Висновки. Коротко кажучи, на даному етапі розвитку технологій та появи нових різноманітних матеріалів з мінімальними тепловими втратами, ми можемо з впевненістю сказати, що вже у недалекому майбутньому ми станемо свідками нових інноваційних систем теплопостачання. А якщо казати про зовнішні стінки будівель та промислових об'єктів, то втрати тепла з покриттям рідкою керамікою допоможуть зберегти до 40% тепла у будівлі. Чи це не інновація у наш час? Згідно з розрахунків, теплові втрати через однорідне огороження становлять приблизно 350000 Вт, і, на мою думку, це досить велика цифра.

Згідно з рівняння Фур'є – чим більше значення λ , тим більшою властивістю проводити теплоту володіє тіло. Коефіцієнт теплопровідності для даного тіла не є величиною

постійною та залежить від фізичних властивостей речовини, від температури, від тиску та вологості. Тому, з експериментів маємо, що для багатьох матеріалів залежність λ від температури може бути прийнята лінійною.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шелудченко В.І., Кравцов В.В., Волкова О.Г. Технічна термодинаміка.- Севастополь-Донецьк: Вебер, 2004.-330 с.
2. Андрущенко А.И. Основы термодинамики циклов теплоэнергетических установок.-М.: Высшая школа, 1977.-280 с.
3. Лыков А.В.. Теория теплопроводности.-М: Высшая школа, 1967.-620 с.
4. СП 41-104-2000 Проектирование автономных источников теплоснабжения.
5. Теплопередача через однослойный и многослойные стенки: методические указания / Сост. М. Е. Орлов. – Ульяновск: УлГТУ, 2005. – 11 с.
6. Нащекин, В.В. Техническая термодинамика. Тепломассообмен / А.О. Мирам, В. А. Павленко. – М.: АСВ, 2011. – 352 с.

Ю. А. Артеменко (канд. техн. наук, доц.),

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

О. М. Любименко (канд. физ.-мат. наук, доц.),

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

А. А. Деркач

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ ЧЕРЕЗ ВНЕШНЕЕ ОГРАЖДЕНИЕ ОБЪЕКТА

Аннотация: В работе определили удельные тепловые потери и расчетные тепловые потери через внешнее ограждение объекта, рассмотрели проблемы и принцип теплопередачи через наружную стенку здания (объекта).

Ключевые слова: теплоснабжения, ограждающие конструкции, тепловые потери, тепловая электроцентраль, однослойная стенка, теплофикация.

Y. Artemenko (candidate of technical sciences, associate professor),

SHEE «Donetsk National Technical University»

H. Lybimenko (candidate of technical sciences, associate professor),

SHEE «Donetsk National Technical University»

A. Derkach

SHEE «Donetsk National Technical University»

DISTRICT HEATING AND HEAT LOSS THROUGH THE OUTER FENCE OBJECT

Annotation: In the work, the specific heat losses and calculated heat losses through the outer fence of the object were determined, problems and the principle of heat transfer through the outer wall of the building (object) were considered.

Key words: heat supply, enclosing structures, heat losses, thermal power station, single-layer wall, heating.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ПРИ РОБОТІ НА АВТОНОМНІ ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ

Анотація: На тлі енергетичної кризи актуальним є питання переходу від традиційних джерел енергії до нових, альтернативних, які екологічно менш небезпечні. Передусім це теплова, світлова енергія Сонця. За прогнозом до 2020 р. такі джерела замінять близько 2,5 млрд т палива, їх частка у виробництві електроенергії і тепла складе не менше 8%. Передусім це енергія Сонця, якої поступає на поверхню Землі в 14-20 тис. разів більше, чим виробляють всі техногенні джерела планети.

Значної уваги заслуговує питання дослідження енергетичних характеристик сонячних електростанцій на автономних споживачів, рішення питання зниження собівартості вироботки енергії та підвищення ККД сонячних установок.

Ключові слова: сонячна енергетика, сонячна електростанція, фотовольтаніка, кут нахилу, енергозбереження, фотоелектричні системи, автономні сонячні електростанції.

Постановка проблеми. На тлі енергетичної кризи актуальним є питання переходу від традиційних джерел енергії до нових, альтернативних, які екологічно менш небезпечні. Передусім це теплова, світлова енергія Сонця. За прогнозом до 2020 р. такі джерела замінять близько 2,5 млрд т палива, їх частка у виробництві електроенергії і тепла складе не менше 8%. Передусім це енергія Сонця, якої поступає на поверхню Землі в 14-20 тис. разів більше, чим виробляють всі техногенні джерела планети.

Сонце - джерело енергії дуже великої потужності. В середньому енергетичний еквівалент 22 днів сонячного сяйва за сумарною потужністю, що приходить на Землю, дорівнює всім запасам органічного палива на Землі. За день на Землю надходить сонячної енергії більше, ніж 6,5 млрд жителів планети можуть спожити за 30 років. Сонячна енергія, що надходить за рік тільки на Аравійський півострів, більше ніж в два рази перевищує запаси енергії всіх нафтових родовищ світу.

Вже в світі експлуатуються три типи перетворювачів сонячної енергії:

- а) використання енергії рідини, нагрітої сонячними променями;
- б) пряме фотоелектричне перетворення сонячної енергії в електричний струм;
- в) використання дзеркал, фокусуючи теплову енергію Сонця на поверхню парових котлів теплових електростанцій.

Всі три типи геліостанцій вже працюють в різних країнах світу - у Франції, Німеччині, США, Ізраїлі. В установці використовують синтетичне масло, що тече по чорних трубах, які нагріваються параболічними дзеркалами, що, рухаючись за Сонцем, фіксують його промені. Масло в трубах нагрівається до 390⁰ С і перетворює воду в пару, яка крутить турбіни.

У деяких країнах - США, країнах Аравійського півострова існують установки прямого перетворення світла Сонця в електроенергію за допомогою фотоелементів або фокусування тепла за допомогою параболічних дзеркал. На півострові Крим працює єдина в своєму роді в Україні невелика експериментальна геліостанція.

При сучасних технологіях вартість фотоелектрики складає 25-30 центів за кіловат-годину; сонячно-термічної електрики - 12 центів; енергії теплових електростанцій - 4 центи; гідроелектростанцій - 3 центи. Така відносно висока ціна фотоелектрики пояснюється низьким ККД - до 16 відсотків і високою вартістю установок. Однак ці установки не забруднюють навколишнього середовища, прості в застосуванні, безшумні, можуть мати різні розміри [1-7].

Аналіз попередніх досліджень. Сонячна енергетика – це галузь науки і техніки, розробляє наукові основи, методи і технічні засоби використання енергії сонячного

випромінювання на Землі і в космосі для отримання електричної, теплової або інших видів енергії та визначальна області і масштаби ефективного використання енергії Сонця в економіці країни [2-3].

Фахівцями накопичен позитивний досвід вивчення сонячного випромінювання на землі та у космосі, досить багато робіт присвячено методам розрахунку ресурсів сонячної енергетики та техніко-економічних обґрунтувань з урахуванням енергетичних характеристик сонячних установок. При цьому існують значні відмінності при використанні сонячних електростанцій при роботі на мережевих та автономних споживачів.

Мета статті. Дослідження енергетичних характеристик фотоелектричних систем при роботі на автономні електричні мережі.

Викладення основного матеріалу дослідження. Потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження як теплоенергетичного, так і фотоенергетичного обладнання практично в усіх областях. Період ефективної експлуатації обладнання СУ в південних областях України – 7 місяців (з квітня по жовтень), в північних областях 5 місяців (з травня по вересень). Фотоенергетичне обладнання може достатньо ефективно експлуатуватися протягом всього року [4].

Потенціал використання сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження як теплоенергетичного, так і фотоенергетичного обладнання практично в усіх областях. Період ефективної експлуатації обладнання СУ в південних областях України – 7 місяців (з квітня по жовтень), в північних областях 5 місяців (з травня по вересень). Фотоенергетичне обладнання може достатньо ефективно експлуатуватися протягом всього року.

Середньорічна кількість сумарної сонячної енергії, що надходить на 1 кв. кілометр поверхні території України, становить в межах 1070 кВт·год у північній частині країни та 1400 кВт·год і вище в Автономній Республіці Крим. Для подальшого розвитку та масового виробництва сонячних фотоелементів розроблені модулі батарей на основі напівпровідникового кремнію [5].

При проектуванні сонячних установок (СУ) необхідно взяти до уваги цілий ряд чинників, щоб знайти оптимальні рішення. По-перше, необхідно з'ясувати, скільки ресурсу (електричного або теплового) потрібно від установки. По-друге, розраховується загальне добове споживання. Із загального добового і тижневого споживання виводиться загальний об'єм акумуляції ресурсу. Потрібно врахувати кількість похмурих днів, протягом яких установка повинна функціонувати. І нарешті, потрібно оцінити [6]:

- кількість фотоелектричних модулів, для виробництва достатньої кількості енергії (при застосуванні сонячної радіації для виробництва енергії);
- достатню площу колектора для забезпечення потреб у тепlopостачанні.

Оптимально підібране обладнання зменшує річне використання енергії для підігріву води на 50–60 % та енергії з мережі на 50–70 %. В період з квітня по вересень правильно встановлена система покриває 95 % витрат тепла та енергії [6-7].

Дуже важливим фактором при виборі місця розташування установки є оцінка ресурсу. Доступна сонячна енергія змінюється протягом дня через відносний рух Сонця і залежно від хмарності. Кількість сонячної енергії змінюється разом з кутом нахилу установки і орієнтацією її поверхні, знижується по мірі віддалення від південного напрямку. За результатами аналізу статистичних і метеорологічних даних встановлено, що впровадження сонячних систем доцільно на всій території України, але в південних районах обладнання буде окупатися швидше. Так на 2007 рік термін окупності СУ в південних регіонах становив менше 5 років, тоді як для північних регіонів – менше 10 років.

Експериментальний розрахунок потужності сонячної електричної станції (СЕС) при роботі на автономну мережу.

При теоретичній площини окремо стоячої будівлі, яка знаходиться в межах 70-150 м². Та при умові постійного проживання в оселі 3-6 осіб старших 5 років. Розраховуємо середньоденну потребу в електроенергії без урахування опалення, та заносимо данні в таблицю 1.

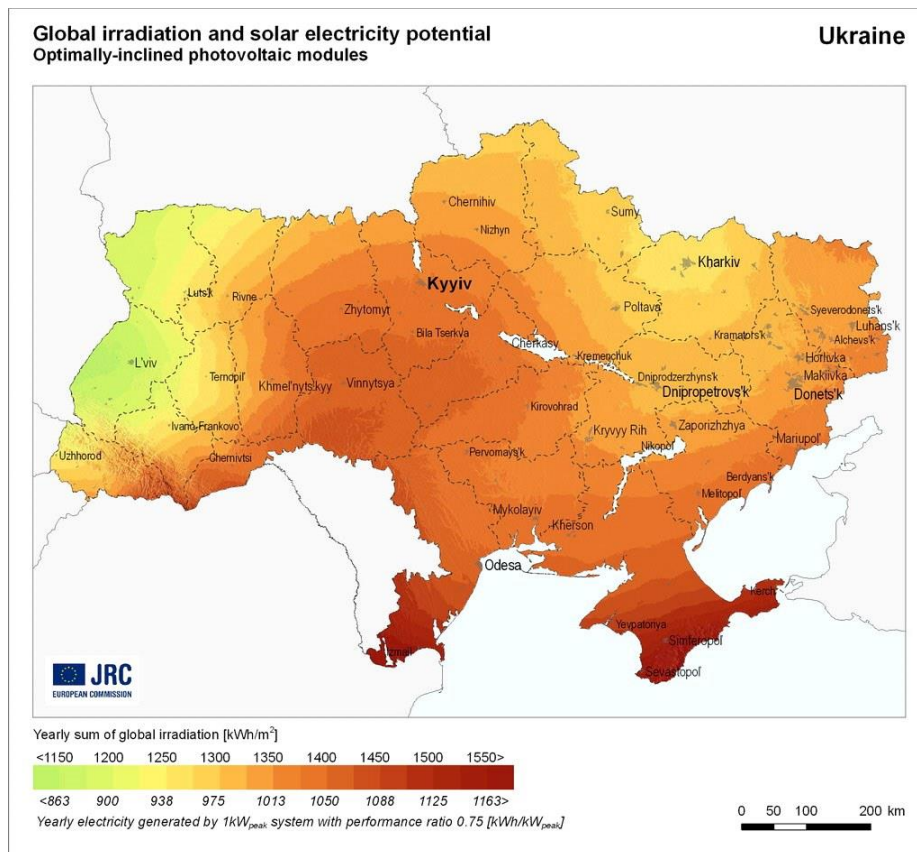


Рисунок 1 – Потенціал сонячної активності в умовах України

Таблиця 1. – Розрахунок середньоденної потреби в електроенергії без урахування опалення

Прилад-споживач	Споживання ЕЕ за добу, кВт/год
Праска	1
Мікрохвильовка	2
Пилосос	0,5
Фен	0,5
Пральна машина	2,5
Холодильник	1
Телевізор	1
Освітлення	2
Комп'ютер	2
Усього	12.5

Тобто, при вище зазначених умовах ми маємо денну потребу у розмірі 12,5 кВт/год.

Слід зазначити, що обрані нами умови а також розміри енергоспоживання були навмисно завищенні, задля більш наглядного результату, але в цілому це ніяк не впливає на отримані нами результати та висновки, які були зроблені на їх основі.

Автономні СЕС та залежність їх потужності від куту нахилу сонячних панелей. Монтаж сонячних панелей.

При монтажі сонячних панелей враховують такі чинники:

- надійність конструкції, на яку встановлюються панелі;
- орієнтація батарей по відношенню до сонця;
- кут нахилу;

При виборі місця встановлення сонячних панелей враховують максимальну освітленість поверхні, тому батареї розташовують на південній стороні. Кут нахилу також значно впливатиме на подальшу вироблення ел. енергії. Кут нахилу залежить від географічної широти і варіюється від 15 до 90 градусів (Оптимальний кутом вважається кут

рівний географічній широті місцевості). Головне тут домогтися потрапляння максимальної кількості сонячного світла під прямим кутом. Тінь від сусідніх конструкцій, будівель, антен і т.д. також буде знижувати продуктивність. Навіть невеликі затінені ділянки можуть значно знизити вироблення електроенергії. Після того, як вибрали підходящу ділянку даху і переконалися в тому, що він здатний витримати конструкцію, приступають безпосередньо до монтажу. В інтернеті є багато прикладів установки панелей на похилу черепичний поверхню, ще простіше встановлюються вони на горизонтальну поверхню. Європейські виробники пропонують автоматичні поворотні пристрої, що дозволяють стежити за сонцем. Однак вартість їх така, що краще купити додаткові панелі. У порядку же поточної експлуатації батареї періодично відчищають від скупчується пилу і бруду, які також впливають на продуктивність.

Залежність енергетичних характеристик СЕС від куту встановлення сонячних панелі та географічного місце розташування.

За допомогою сонячного калькулятора та спеціалістів компанії “Atmosfera” нами були проведені розрахунки потужності автономної сонячної електростанції для різних регіонів України при одних і тихож самих початкових умов, для кожного з регіонів розрахунок був проведений тричі, кожного разу змінюючи кут нахилу сонячних панелей.

При зазначеній вище середньодобовій потребі електроенергії у 12.5 кВт/год. Маємо такі данні:

Таблиця 2 – Розрахункова потужність СЕС у Львівській обл.

Кут нахилу,	30	40	45
Потужність фотомодулів, кВт	3	3	3
Площа фотомодулів, м²	19,4	19,4	19,4
Добове споживання ЕЕ, кВт/год	12.5	12.5	12.5
Ємність АКБ, кВт/год	12.5	12.5	12.5
Автономність, діб	1	1	1
Річна виробітка, кВт/год	4140,05	4102,65	4054,35

Таблиця 3 – Розрахункова потужність СЕС у Черкаській обл.

Кут нахилу, °	30	40	45
Потужність фотомодулів, кВт	3	3	3
Площа фотомодулів, м²	19,4	19,4	19,4
Добове споживання ЕЕ, кВт/год	12.5	12.5	12.5
Ємність АКБ, кВт/год	12.5	12.5	12.5
Автономність, діб	1	1	1
Річна виробітка, кВт/год	3960,45	3921,95	3873,75

Таблиця 4 – Розрахункова потужність СЕС у Луганській обл.

Кут нахилу, °	30	40	45
Потужність фотомодулів, кВт	3	3	3
Площа фотомодулів, м²	19,4	19,4	19,4
Добове споживання ЕЕ, кВт/год	12.5	12.5	12.5
Ємність АКБ, кВт/год	12.5	12.5	12.5
Автономність, діб	1	1	1
Річна виробітка, кВт/год	4140,05	4102,65	4054,35

Висновки. Принципово процес перетворення енергії сонця в електричний струм може бути організований завдяки різним підходам, за допомогою різних матеріалів та в різних умовах, може бути як автономним так і гібридним та інше. Проблема полягає в оптимізації цього перетворення з метою отримання якнайкращих споживчих і експлуатаційних властивостей енергоустановок;

На основі отриманих нами даних ми можемо зробити висновок, що доцільність використання автономних СЕС сильно різняться в залежності від вибраного кута нахилу сонячних панелей, матеріалу, що становить її основу та їх географічної (територіальної) точки розташування.

Із отриманих цифр, ясно бачимо, що найменш ефективним є кут 45° (і більше), найбільш сприятливим для отримання найбільшої кількості ультрафіолетового випромінювання є кут в 30° не залежно від територіальноділення. Кут нахилу сонячних панелей грає важливу роль у визначинні ККД системи а також у загальнорічному видобутку електроенергії.

Стосовно територіального місцезнаходження в умовах України, найбільш високі показники ми маємо на півдні, та на сході країни, найменші показники маємо на заході і північному заході.

Україна має великий потенціал у розвитку сонячної електроенергетики, як автономних систем так і систем працюючих по “зеленому тарифу” майже в усіх областях, особливо у своїй південній та східній частинах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Использование возобновляемых источников энергии./Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, РЖ 90. Отдельный выпуск.-М:ВИНИТИ,1998.-№4.-С. 2.
2. Р.Б. Ахмедов, И.В. Баум, В.А. Пожарнов, В.М. Чаховский. Солнечные электрические станции. — М.: ВИНИТИ, 1986. — Т. 1. — 120 с. — 500 экз.
3. В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин. Солнечная энергетика: учебное пособие для вузов. — М.: Издательский дом МЭИ, 2008. — 276 с. — 800 экз. — ISBN 978–5–383–00270-4.
4. Дероган Д.В., Щокін А.Р. Перспективи використання енергії та палива в Україні з нетрадиційних та відновлюваних джерел.//Бюл. "Новітні технології в сфері нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії", Київ: АТ "Укренергозбереження",1999.- №2, - С. 30-38.
5. Алексей Михайлов Солнце вместо нефти (рус.) // Профиль : журнал. — М., 2016. — 30 мая (№ 19 (953)). — С. 18-24.
6. Бабієв Г.М., Дероган Д.В., Щокін А.Р. Перспективи впровадження нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в Україні. // ЕЛЕКТРИЧНИЙ Журнал,- Запоріжжя: ВАТ "Гамма",1998 №1, - С. 63-64.
7. Застосування сонячної енергії у житловому господарстві та деревообробці : наукове видання / І.М. Озарків, Й.С. Мисак, Г.Т. Криницький, В.М. Максимів, Л.І. Копій, І.А. Соколовський, О.І. Озарків, В.С. Козар. – Львів : НВФ "Українські технології", 2011. – 338 с.

П. В. Васюченко (канд. пед. наук, доц.),
«Украинская инженерно-педагогическая академия»

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ РАБОТЕ НА АВТОНОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

Аннотация: На фоне энергетического кризиса актуальным является вопрос перехода от традиционных источников энергии к новым, альтернативным, экологически менее опасным. Прежде всего это тепловая, световая энергия Солнца. По прогнозу к 2020 г. такие источники заменят около 2,5 млрд. т топлива, их доля в производстве электроэнергии и тепла составит не менее 8%. Прежде всего, это энергия Солнца, которой поступает на поверхность Земли в 14-20 тыс. раз больше, чем производят все техногенные источники планеты.

Значительного внимания заслуживает вопрос исследования энергетических характеристик солнечных электростанций в автономных потребителях, решение вопроса снижения себестоимости выработки энергии и повышения КПД солнечных установок.

Ключевые слова: *солнечная энергетика, солнечная электростанция, фотовольтаика, угол наклона, энергосбережения, фотоэлектрические системы, автономные солнечные электростанции.*

P. Vasyuchenko (Ph.D, Associate Professor)
Ukrainian engineer-pedagogical academy, Kharkov

THE STUDY OF ENERGY CHARACTERISTICS OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS WHILE WORKING ON AN AUTONOMOUS ELECTRIC NETWORK

Annotation: On the background of energy crisis, the important question is the transition from traditional energy sources to new, alternative, environmentally less dangerous. First and foremost is heat, light energy of the Sun. According to the forecast by 2020, these sources will replace about 2.5 billion tons of fuel, their share in heat and power production will be not less than 8%. First of all, the energy of the Sun, which enters the Ground surface at 14-20 thousand times more than is produced by all anthropogenic sources of the planet.

Considerable attention is study of energetic characteristics of solar power plants in Autonomous consumers, the question of reducing the cost of energy production and efficiency of solar installations.

Key words: *solar energy, solar power station, fotovoltaica, tilt angle, energy conservation, photovoltaic system, standalone solar power plants.*

УДК 62-83-52

В. А. Водічев (д-р. техн. наук, проф.)
ОНПУ «Одеський національний політехнічний університет»

Алдаїрі Алі (аспірант)
ОНПУ «Одеський національний політехнічний університет»

РЕГУЛЯТОР ПОТУЖНОСТІ ПРИВОДУ ПОДАЧІ

Анотація: В роботі наведено структуру процесу металообробки як елементу системи автоматичного керування. Структура приведена до привода подачі, але може бути легко поширена на привод головного руху. Запропонована двоконтурна система стабілізації потужності та швидкості привода подачі, розглянута робота запропонованої системи.

Ключові слова: електропривод, система автоматичного регулювання, фрезерування, регулятор, перехідний процес, зворотній зв'язок.

Постановка проблеми. У автоматизованих системах електроприводу знайшли досить широке поширення системи стабілізації параметрів процесу обробки: системи стабілізації швидкості різання, системи стабілізації потужності різання, системи стабілізації температури різання, системи стабілізації пружних коливань та інші. Застосування таких систем дозволяє підвищити продуктивність металообробки: заощадити час, підвищити термін роботи інструменту. Завжди цікавить можливість застосування більш простої у реалізації, у налаштуванні системи, яка водночас задовольнить критеріям по якості вихідної продукції, зменшенню робочого часу на обробку тощо.

Аналіз попередніх досліджень. У фрезерних верстатах застосовуються системи стабілізації потужності різання, відомі із [2], [4], [5], [7]. В наведених системах використовується датчик потужності головного двигуна та за його сигналом формується контур зворотного зв'язку. Регулятори для систем стабілізації потужності можуть бути різними: П, ПІ регуляторами, блоками послідовної корекції, фаззі-регуляторами. Досить часто у структурі каналу регулювання зустрічаються або додаткові гнучкі зворотні зв'язки або нелінійні ланки, та операції ділення поміж сигналами. Мета такого підходу зробити систему менш чутливою до зміни параметрів об'єкту керування. Об'єкт керування – процес металообробки, характеризується зміною сили фрезерування як в залежності від подачі, швидкості обертання приводу головного руху та і від форми заготовки.

Мета статті. Розробка та перевірка системи стабілізації потужності фрезерного верстата із стабілізацією подачі. Аналіз моделі процесу металообробки.

Викладення основного матеріалу дослідження.

Для описання процесу металообробки приймемо наступні спрощення:

- резонансні частоти пружних коливань у системах інструмент-верстат, інструмент-заготовка, заготовка-верстат значно більші за полосу пропускання приводів обох рухів та суттєвого впливу не призводять

- температурними залежності, а також зміною умов різання у зв'язку із зміною температури можна знехтувати.

- форма заготовки така, що дозволяє поставити у відповідність силу головного руху та сили подачі

- нехтуємо коливальним характером сили різання як функції від кута оберту фрези

- вважаємо, що заготовка має таку форму що у момент врізання та подальшої роботі кількість стружки, що знімається однакова.

Із [6] відома залежність між силою різання та параметрами різання:

$$P_Z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^n Z}{D^q n^w} K_{Mp} \quad (1)$$

де Z – кількість зубців фрези; B – глибина фрезерування; t – ширина фрезерування; C_p – поправочний коефіцієнт; s_z – подача; D – діаметр фрези; n – частота обертання фрези; K_{Mp} – коефіцієнт, що враховує якість поверхні, що оброблюється.

Також відомі відносні величини складових сили різання при фрезерування для різних фрез та типів фрезерування [6].

Для спрощення залежності між еквівалентним шаром стружки, кутом оберту фрези, кількістю зубців фрези, та швидкостями приводів подачі та головного руху, приймемо що, сила різання виникає інерційно, стала часу зворотна до кількості зубців фрези та швидкості обертання приводу головного руху.

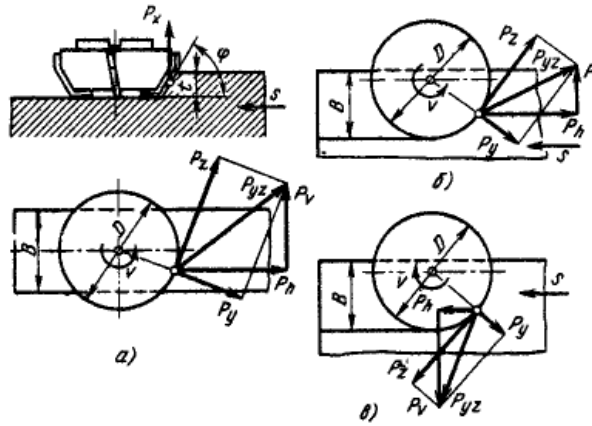


Рисунок 1 - Складові сили різання при торцевому фрезеруванні: а) симетричному, б) несиметричному зустрічному, в) попутному несиметричному.

Таким чином процес фрезерування як динамічна ланка може бути представлений передаточною функцією, структура якої у складі механічної частини двигуна зображена на рис. 2. На рисунку: M – механічний момент двигуна подачі; M_{xx} – момент опору на холостому ході (не залежить від подачі та режиму обробки); M_{on} – момент опору, пропорційний до сили фрезерування, приведений через механічну передачу до валу двигуна; v – швидкість подачі; s_z – подача на зуб; F_z – сила різання; F_h – сила подачі; K_{zh} – коефіцієнт зв'язку між силою різання та силою подачі; K_1, K_2 – коефіцієнти перерахунку розмірності; P_z, P_h – потужність різання та подачі відповідно.

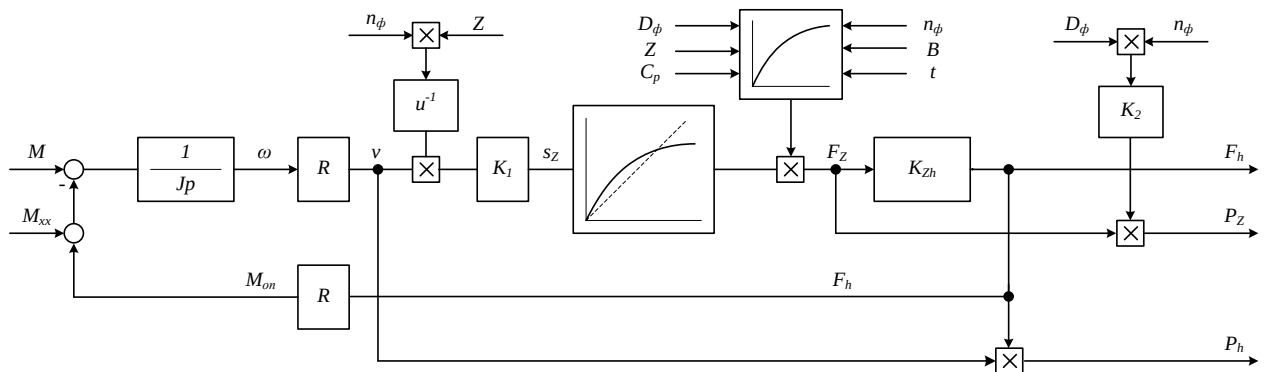


Рисунок 2 - Передаточна функція процесу металообробки

При сталій частоті обертання фрези, тобто абсолютно жорсткій механічній характеристиці привода головного руху, передаточна функція (ПФ) механічної частини двигуна із процесом металообробки матиме вигляд

$$H_{\omega M}(p) = \frac{1/K}{Jp/K+1} \quad (2)$$

де K – загальний коефіцієнт зв'язку між кутовою швидкістю двигуна та моментом опору від сили різання, нелінійно залежить від швидкості, та змінюється відповідно до умов металообробки. Таким чином навіть при сталих глибині та ширині різання процес металообробки являє собою нелінійну ланку. Збільшення глибини, ширини різання зменшує коефіцієнт підсилення та інерційність ланки.

Пропонується замикати контур зворотного зв'язку за потужністю подачі, яка може бути отримана використовуючи сигнали зворотного зв'язку за швидкістю та струмом. Для підвищення продуктивності обробки у зоні потужностей менших за задану пропонується працювати у контурі стабілізації швидкості. Структура такої системи зображена на рис. 3. Внутрішній контур – контур стабілізації потужності. Сигнал, пропорційний потужності

різання, який може бути отриманий із застосуванням датчика потужності приводу головного руху[1]. Для датчика потужності приводу подачі необхідно застосовувати ті ж самі принципи для компенсації потужності холостого ходу, таким чином сумарна похибка буде залежати лише від співвідношення між силою різання та подачі.

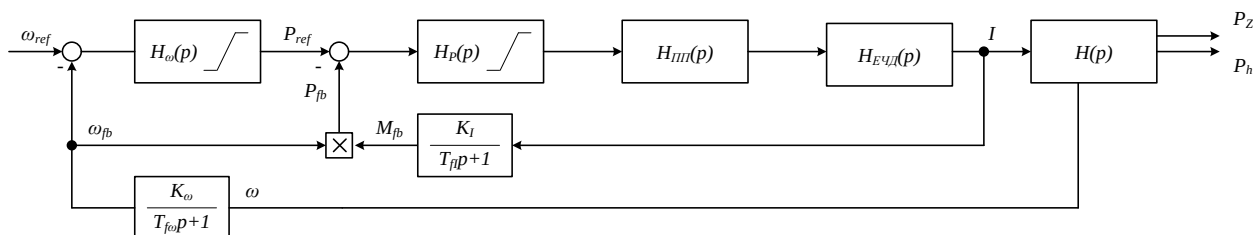


Рисунок 3 - Структура запропонованого контуру керування

На рисунку:

$H_{\omega}(p)$ – ПФ регулятора швидкості(подачі), $H_P(p)$ – ПФ регулятора потужності, $H_{мп}(p)$ – ПФ підсилювача потужності, $H_{ед}(p)$ – ПФ електричної частини двигуна, $H(p)$ – ПФ механічної частини двигуна та процесу металообробки. На запропонованій структурі коефіцієнт датчика струму враховує залежність між моментом та струмом. ПФ регуляторі можуть обрані згідно із вимог, що ставляться до системи. У випадку , коли треба отримати астатизм за потужністю та за подачею необхідно мати інтегральну складову. Пропонується застосовувати ПІ регулятор для обох контурів.

Результати моделювання процесу обробки конструкційної углеродистої сталі торцевою фрезою (швидкоріжуча сталь) при змінних глибині та ширині різання за наведеною структурою (рис. 3) наведено на рис. 4,5.

Із рис. 5 бачимо, що наявність ПІ регуляторів у системі дозволяє без похибки підтримувати задану швидкість (20 рад/с) або задану потужність (1 кВт). При переходу від режиму стабілізації потужності до режиму стабілізації подачі існує затримка та деяке перегулювання за потужністю, спричинене наявністю інтегральної складової регулятора. Перегулювання за потужністю складає 1% , за швидкістю максимальне значення складає 13,5%. Також бачимо, що відсутність контуру стабілізації струму у системі може привести до досить великих стрибків струму (моменту), як будуть лімітовані лише вихідною величиною регулятора потужності. Зменшити перегулювання за струмом можна завдяки гнучкому зворотному зв'язку за струмом, що додатково введено у контур регулювання потужності. ПФ ланки гнучкого зворотного зв'язку матиме вигляд:

$$H_{\omega M}(p) = K \frac{Tp}{Tp+1} \quad (3)$$

Порівняння процесу пуску із гнучким зв'язком та без нього наведено на рис 6. Видно, що сплеск моменту, а також потужності зменшено на 40%, завдяки зменшенню коливальності потужність при пуску майже постійна та відповідає заданому рівню.

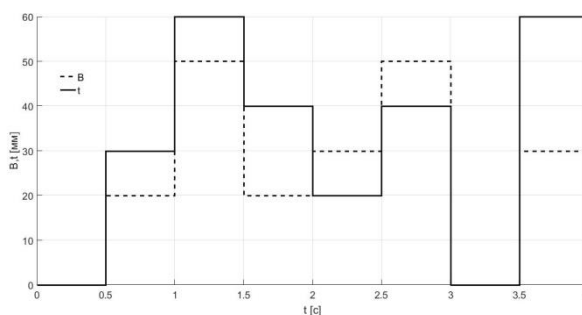
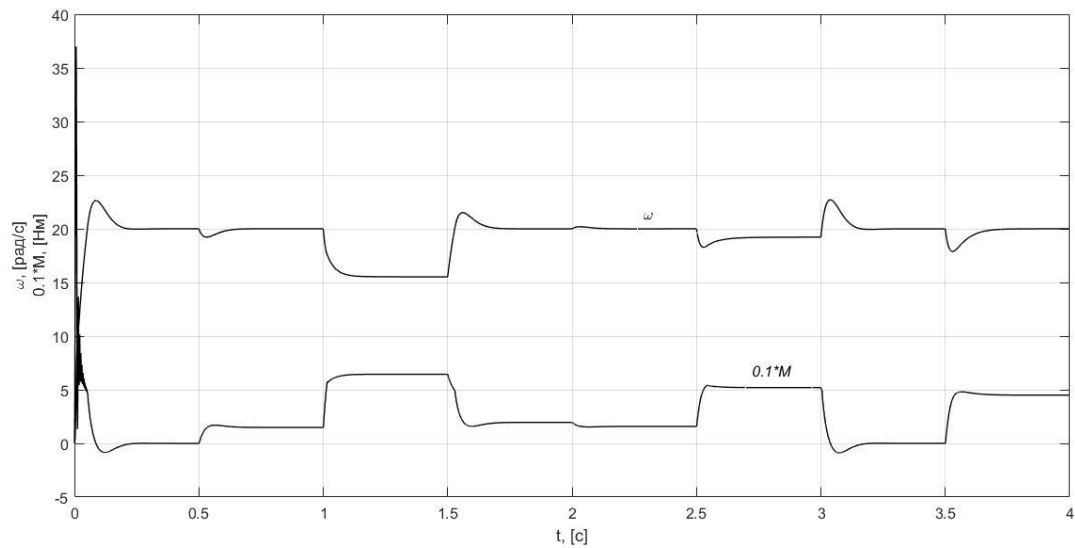
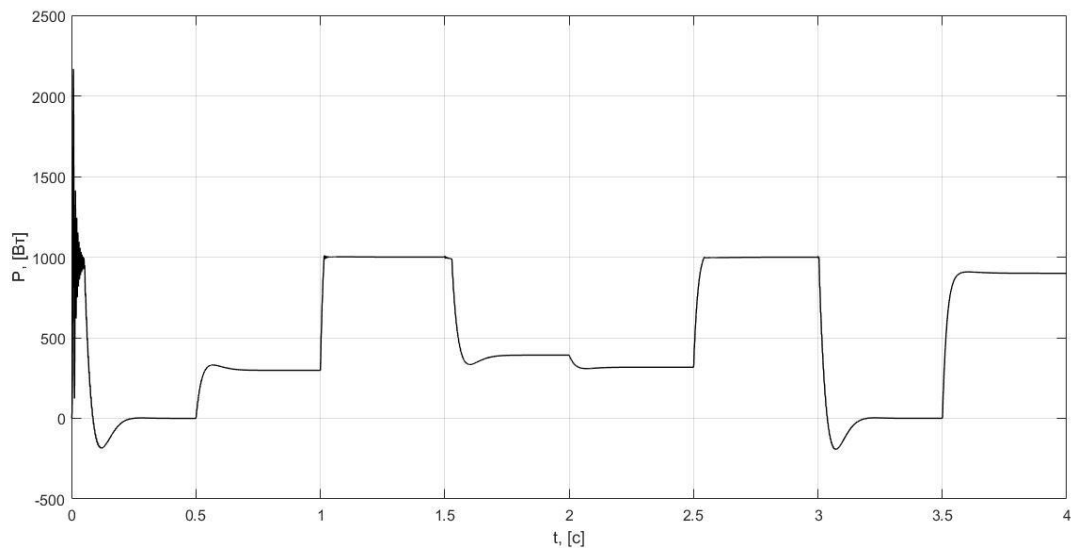


Рисунок 4 - Зміна параметрів процесу металообробки у часі



а)

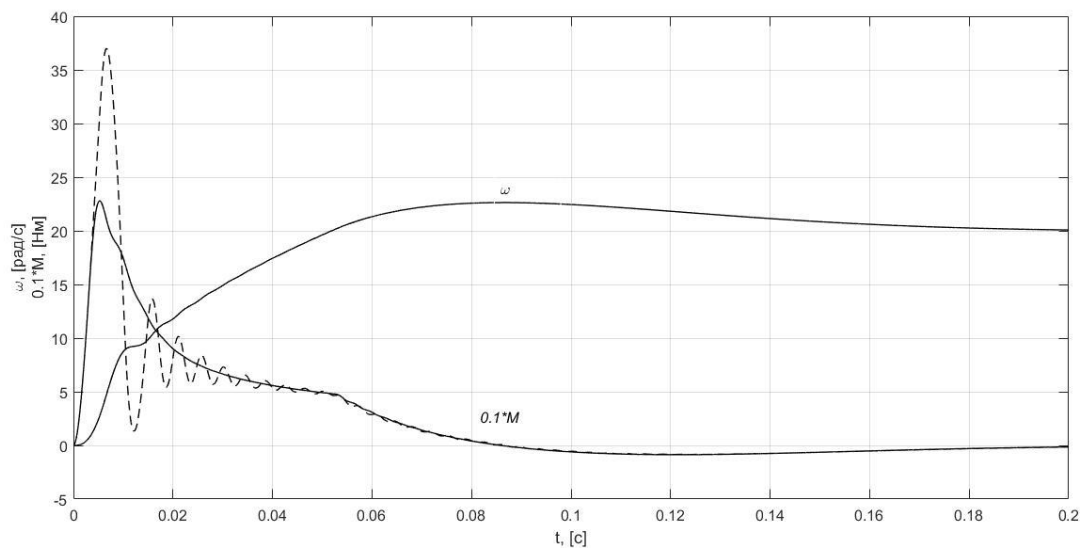


б)

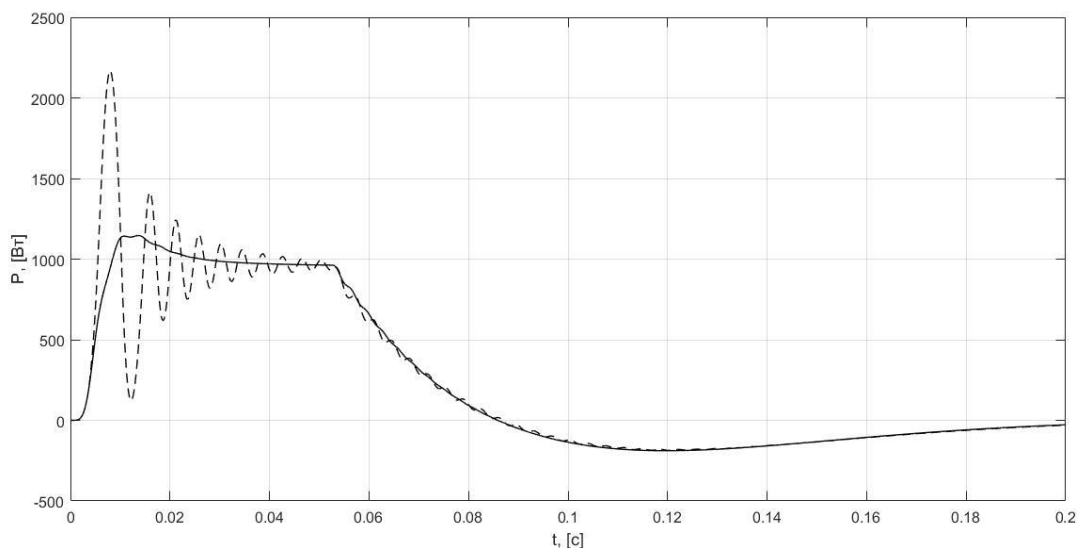
Рисунок 5 - Часові діаграми швидкості обертання, моменту (а) та потужності (б) привода подачі

Для лімітування струму та потужності при малих швидкостях можна регулювати рівень насичення регулятора швидкості в залежності від рівня зворотного зв'язку за швидкістю. Це дозволить мати більш керовані процеси пуску, гальмування, та навіть працювати при застопореній фрезі. Така структура була розглянута у [8].

Висновки. Запропоновано структуру керування приводом подачі із стабілізацією потужності привода подачі, що при однаковому типі фрез та фрезування дозволяє використовувати лише змінні привода подачі. Розглянуто перехідні процеси при металообробці із запропонованою структурою. Наведено шляхи для покращення якості роботи системи при низьких швидкостях.



а)



б)

Рисунок 6 - Часові діаграми пуску із гнучким зворотним зв'язком за струмом (суцільна лінія) та без нього (пунктир) для швидкості, моменту (а) та потужності (б) привода подачі

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Sieklucki, G. Analiza transmitancyjnych modeli napędów elektrycznych ze sterowanym źródłem napięciowym J. Przegląd Elektrotechniczny R. 88, NR 7a/2012, pp.250-255
2. Браницки Р., Водичев В.А., Шапарев Н.К. Электрооборудование станков и автоматизация металлообработки Зеленая Гура, 1996. – 240 с.
3. Закутний А.С. Методика синтеза нейросетевой системы стабилизации мощности резания // Електромашинобудування та електрообладнання: Міжвід. наук.-техн. збірник. – К.: Техніка. – 2001. – Вип. 56. – С. 10–15.
4. Водичев В.А., Гулый М.В., Мухаммед М.А. Применение фаззи-регулятора в электромеханической системе автоматизации металлообработки // Вісник Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут”. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2005. – № 45. – С. 504 - 505.
5. Водичев В.А. Синтез і дослідження статичної системи стабілізації потужності різання металообробного верстата // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – Херсон: ХГТУ. – 2002. – №1 (10). – С. 104 – 110.

6. Косилова А.Г., Мещеряков Р.П. Справочник технолога-машиностроителя. Том 2. М.: «Машиностроение», 1986. - 500 с.

7. Шапарев Н.К. Расчет автоматизированных электроприводов систем управления металлообработкой. – К.: Лыбидь, 1992. – 272 с.

8. Электропривод мотор колеса электротранспортного средства. Вершинин Д.В., Войтенко В.А., Смотров Е.А. и др. // Электромашинобуд. та електрооблад. №74, 2009, с.25-30

В. А. Водичев (д-р. техн. наук, проф.)

ОНПУ «Одесский национальный политехнический университет»

Алдаири Али (аспирант)

ОНПУ «Одесский национальный политехнический университет»

РЕГУЛЯТОР МОЩНОСТИ ПРИВОДА ПОДАЧИ

Аннотация: В работе приведено структуру процесса металлообработки как элемента системы автоматического управления. Структура рассчитана на использование моделирования прежде всего привода подачи, но может быть легко связана с моделью привод главного движения. Рассмотрена работа предложенной двухконтурной системы стабилизации мощности и скорости вращения привода подачи.

Ключевые слова: электропривод, система автоматического регулирования, фрезерование, регулятор, переходной процесс, обратная связь.

V.A. Vodichev

ONPU «Odessa National Polytechnic University»

Aldairi Al

ONPU «Odessa National Polytechnic University»

POWER REGULATOR OF THE FEED-MOTION DRIVE

Annotation: The model of the milling process is presented in the paper. It describes milling as a part of the control system. Model is oriented for use in researching the feed drive control system stability and performance, but can be easily linked with the main drive coordinates. Power and speed regulators as internal and external control loops proposed to increase performance of the milling.

Keywords: electrical drive, closed loop system, milling process, regulator, transient response, feedback loop.

УДК 621.313.2.

В. Б. Гого (д-р техн. наук, профессор),

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

В. А. Сыроватченко

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ФАКТОРЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОЁМККИХ ПРОИЗВОДСТВ

Аннотация: изложены уточнения и даны новые определения для факторов современного инновационного развития энергоемкого производства в виде концепции инжиниринга, определяющего Обеспечение научной и инженерно – производственной

свободы на основе интеграции инженерно-экономических знаний, реализуемых по запросам потребителей и открытого рынка.

Ключевые слова: *энергоёмкое производство, факторы, инновационное развитие, концепция, инжиниринг.*

Актуальность проблемы инновационного развития современных энергоёмких производств в Украине особенно угольной, горнорудной, металлургической и др. отраслей основана на огромном потоке инноваций, что требует постоянного технологического совершенствования производств, и в первую очередь, в процессах потребления первичных энергоресурсов и всех видов энергий. Предполагается, что при этом инновационное развитие в основном создается интеллектом и творчеством новаторов - ученых, овладевших информационной технической сферой этой отрасли, питаемой сконцентрированными финансовыми ресурсами, представляемыми новаторами-экономистами – топ менеджера. Поэтому интеграция инженерных и экономических знаний в одном профессионале, владеющего инжинирингом, – это основной фактор инновационного развития производства.

Анализ известных исследований. Ряд ученых, которые исследовали сущность промышленного прогресса, в частности, Д. Белл, Дж. Нейсбит, Э. Тоффлер, Ф. Фукуяма и др., считают, что для большинства развитых стран в современном мире именно инновационная экономика обеспечивает мировое экономическое превосходство страны, которая ее создает на основе инжиниринга – объединения, интегрирования инженерных и экономических знаний и умений в разработке конкурентно способной продукции.

Как свидетельствует реальность современной жизни начала 21 века в число стран с инновационной экономикой и развитым венчурным бизнесом инженерных инноваций входят США, Германия, Япония, Австралия, Канада, Швеция, Финляндия, Сингапур, Израиль и другие страны.

Общепринято считать, что современную теорию инновационной экономики создал австрийский экономист Йозеф Шумпетер в прошлого века. Его научный труд «Теория экономического развития» была издана в 1911 году, а переиздана в 1926 и 1934 годах. Конечно, что теория экономического развития постоянно углублялась многими выдающимися учеными, однако Йозеф Шумпетер первым ввел понятия о различиях между простым ростом производства и новым (инновационным) развитием экономики, ее отраслей.

Цель статьи. Учитывая работы Й. Шумпера и других ученых, уточнить и дать новые определения для сущности современного инжинирингового инновационного развития энергоёмкого производства в виде концепции – определяющих факторов.

Изложение основного материала исследования. Концептуально определяющие факторы инновационного развития инжиниринга энергоёмкого производства, а также неотъемлемой от них сферы потребления, состоит в следующем.

1. Создание нового товара - продукции, с которым потребители ещё не знакомы, или нового качества этого товара, которое сделает его «новым».

2. Создание нового метода производства, ещё не испытанного в данной отрасли промышленности, основанного на новом научном открытии, или изобретении, что создаст новую форму коммерческой презентации для продвижения продукции.

3. Открытие нового рынка, на котором данная отрасль промышленности в стране ещё не торговала, независимо от того, существовал ли этот рынок в стране ранее, или нет.

4. Открытие и использование новых источников энергии и сырья для производства, независимо от того, существовали ли они ранее или их необходимо создать.

5. Создание новой структуры отрасли, например, информационной для сбалансированного производства – потребления продукции.

По этой концепции инновационная экономика энергоёмкого производства должна характеризоваться такими базовыми принципами.

1. Обеспечение научной и инженерно – производственной свободы на основе интеграции инженерно-экономических знаний, реализуемых по запросам потребителей и открытого рынка.

2. Достижение наивысшего уровня инжиниринга в отрасли, сопоставимого с мировыми показателями на основе адекватного уровня образования, науки и экономической свободы.

3. Социально-экономическое поощрение инновационного инжиниринга всех сотрудников производства во всех видах работ.

4. Создание и обеспечение на производстве конкурентоспособного качества деятельности и достойного уровня жизни всех сотрудников.

5. Развитая индустрия знаний в создании высокотехнологичной продукции, что обеспечивает высокий экспорт.

Известно, что инновационная экономика строится через образование новых технологичных рынков. На рынках идей новых научных разработок, инновационные продукты заменяют старые, и все структуры экономики переводятся в новое качество управления производством.

В качестве отдельного рынка инновационного развития инжиниринга энергоемкого производства создаётся рынок всевозможных разработок новых организационных форм для производственных компаний и научных структур университетов, что формирует инновационную экономику.

В этом процессе применяются такие организационные формы, как научно-производственные центры, технопарки, корпоративные учебные центры при университетах, кластеры малого бизнеса, инкубаторы и биржи для инновационных компаний, центры уникальных технологий при специализированных исследовательских институтах, выставки и торговые площадки для инновационной сферы деятельности и многое другое.

Для инновационного развития инжиниринга энергоемкого производства угольной промышленности Украины и стимулирования процесса формирования новых рынков необходимо создавать в университетах, в частности, в Донецком национальном техническом университете, особую инновационную инфраструктуру в виде «Институт инновационного развития энергетики и угольной промышленности Украины».

В стратегические задачи работы такой структуры, объединяющей усилия ДонНТУ и Минэнерго, должно входить:

1. Развитие конкуренции на энергетическом рынке с целью формирования спроса и предложения на инновации и модернизацию.

2. Создание эффективных наукоемких производств, секторов и отраслей.

3. Формирование процессов диффузии новых технологий потребителям.

4. Модернизация экономики и инфраструктуры угольной отрасли.

5. Модернизация и повышение эффективности человеческого капитала в направлении инжиниринга горных инженеров.

6. Создание независимой экспертизы исследовательских проектов со стороны научных и инженерных коллективов.

7. Создание центров коммерциализации технологий и разработок.

Выводы. Таким образом, концептуально определяющими факторами инновационного развития инжиниринга энергоемкого производства, а также неотъемлемой от них сферы потребления, состоит в создании нового товара - продукции, с которым потребители ещё не знакомы, или нового качества этого товара, которое сделает его «новым».

Кроме этого, необходимо внедрение нового метода производства, ещё не испытанного в данной отрасли, основанного на новом научном открытии, или изобретении, что создаст новую форму коммерческой презентации для продвижения продукции.

Обеспечение научной и инженерно – производственной свободы на основе интеграции инженерно-экономических знаний, реализуемых по запросам потребителей и открытого рынка.

Необходимо обеспечить достижение наивысшего уровня инжиниринга в отрасли производства энергии, сопоставимого с мировыми показателями, на основе адекватного уровня образования, науки и экономической свободы.

Важно развить социально-экономическое поощрение инновационного инжиниринга всех сотрудников производства во всех видах работ. Создание и обеспечение на производстве конкурентоспособного качества деятельности и достойного уровня жизни всех

сотрудников. Развитая индустрия знаний в создании высокотехнологичной продукции, что обеспечивает высокий экспорт.

В. Б. Гого (д-р техн. наук, професор),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

В. А. Сироватченко

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ФАКТОРИ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВ

Анотація: викладено уточнення та надано нові визначення факторів сучасного інноваційного розвитку енергоємного виробництва у вигляді концепції інжинірингу, визначального Забезпечення наукової та інженерно – виробничої волі на основі інтеграції інженерно-економічних знань, реалізованих за запитами споживачів і відкритого ринку.

Ключові слова: енергоємне виробництво, фактори, інноваційний розвиток, концепція, інжиніринг.

V. Gogo (Dr. Sc. (Tech.), Prof.),

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

V. Syrovatkina

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

FACTORS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF MODERN ENERGY-INTENSIVE INDUSTRIES

Annotation: the clarification and new definitions for the factors of modern innovative development of energy-intensive production in the form of concept engineering, defining Software science and engineering – production freedom based on the integration of engineering and economic knowledge, implemented the demands of consumers and the open market.

Key words: energy production, factors, innovative development, concept engineering.

УДК 621.879.323

О. В. Держинська (аспірант),

«Донбаська державна машинобудівна академія»

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОГО ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ КРОКУЮЧОГО КРИВОШИПНО-ВАЖІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ НА ДРАГЛАЙНІ

Анотація: В статті розглянуті переваги крокуючого кривошипно-важільного механізму на драглайнах. Розглянуто питання економічної ефективності при застосуванні різних систем ходового обладнання. Проаналізовано експлуатаційну продуктивність механізму пересування крокуючого екскаватора з урахуванням пробуксування при переміщенні.

Ключові слова: драглайн, крокуючий механізм, кривошипна система, лижа, опорна поверхня, переміщення, ґрунт

Постановка проблеми. Для розкриття порожньої породи і видобутку корисних копалин, з подальшим розвантаженням у відвал або транспортні засоби широке застосування

знайшли крокуючі екскаватори. На надійність і техніко-економічні показники крокуючих екскаваторів істотно впливає конструктивні схеми механізмів пересування, та їх елементів.

У сучасному екскаваторобудуванні розрізняють такі схеми механізму пересування: гідравлічні, кривошипно-повзункові, кривошипно-ексцентрикові, кривошипно-колісні та кривошипно-важільні. Також механізми пересування розрізняють по конструкції лиж: бувають: з гладкою поверхнею або з додатковими опорними елементами.

Підвищення економічної ефективності можна досягти шляхом застосування різних опорних елементів лиж крокуючого механізму драглайна. В даний час дослідження у цей в цій області не до кінця висвітлені. Таким чином, пошук шляхів підвищення ефективності механізму крокування є актуальними та затребуваними.

Аналіз попередніх досліджень. Дослідження в області вивчення крокуючих рушіїв були проведені М. Шефлером [1] Р. Ю. Подерні [2] основну увагу вони приділяють розрахунку і конструктивному виконанні механізмів та пристроїв, ними детально були розглянуті конструкції механізмів пересування. У роботах Д. С. Подорожньої [3] розглядається дослідження прохідності кривошипно-колісного механізму крокування. Значне місце приділення основам теорії і розрахунку нових елементів в конструкції машин. Наведено аналіз конструкцій і описані основні шляхи створення крокуючих екскаваторів.

Б. У. Сатовським [4], І. М. Старцевим [5] і М. М. Сусловим [6] проводився аналіз крокуючих механізмів з гідравлічним рушієм. У роботах Н. З. Гармаша і Ю. І. Бережного [7] були досліджені динамічні зусилля в елементах кривошипно-колісного та кривошипно-важільного крокуючого механізму. Була наведена методика встановлення технологічних параметрів крокуючих екскаваторів при відкритій розробці місцезнаходжень похилими шарами. Ними були розглянуто питання розрахунку продуктивності і оптимізації робочого процесу крокуючого екскаватора, а також особливості робочого процесу ходового обладнання при русі по похилій площині.

Мета статті. Метою дослідження є пошук шляхів підвищення ефективності механізму крокування і дослідження техніко-економічного питання при використанні крокуючого кривошипно-важільного механізму на драглайнах.

Виклад основного матеріалу дослідження. На машинах, які випускаються на НКМЗ і на всіх моделях драглайнов зарубіжних фірм застосовуються кривошипні системи різних видів: кривошипно-шарнірний з трикутної рамою фірми «Маріон», кривошипно-повзунковий фірми «Пейдж», двохкривошипний фірми «Маріон», кривошипно-ексцентриковий НКМЗ і ексцентриковий з тягою фірми «Маріон».

Кривошипно-ексцентриковий механізм крокування застосовувався на ЕШ 4.40 з масою від 200 т до 4 тис. т. В даний час НКМЗ встановлює на своїх моделях ЕШ 6.45М, ЕШ 10.60,

ЕШ 10.70А, ЕШ 20.55 і ЕШ 15.90 крокуючий кривошипно-важільний чотириланковий механізм.

Який в порівнянні з кривошипно-ексцентриковим ходом має більш високий ККД, меншу вагу і більш високу експлуатаційну надійність.

А в порівнянні з гідравлічним рушієм має більш просту конструкцію, і не вимагає високих витрат при експлуатації. А в жарку пору року випаровування масла не створюють в кузові екскаватора пожежонебезпечну і шкідливу для людини атмосферу.

Механічний чотириланковий кривошипно-важільний механізм крокування, забезпечує надійну безаварійну роботу практично на весь термін служби екскаватора. При кривошипно-важільному чотириланковому крокуючому механізмі кривошип 1 приводить в рух ноги 2 механізму крокування, насаджені на ексцентрики на дворядні подшипники. Верхня частина ноги шарнірно зв'язана з кінцем важеля 3, другий кінець якого укріплений на цапфі, надбудований.

Кульове зчленування ноги з лижею дозволяє останній добре пристосовуватися до рельєфу місцевості, а також повертатися навколо осі ноги в горизонтальній площині.

Економічна ефективність застосування різних систем ходового обладнання визначається в кінцевому рахунку з метою підвищення експлуатаційної продуктивності крокуючих екскаваторів або ступенем зниження вартості одиниці продукції. Безпосередній розрахунок ефективності застосування цілісних систем крокуючого кривошипно-важільного

ходу на крокуючих екскаваторах на основі врахування зниження вартості одиниці продукції практично утруднений. Тому зупинимося на впливі застосованої на машині системи крокуючого ходового обладнання та її експлуатаційну продуктивність.



Рисунок 1-Кривошипно-важільний механізм пересування крокуючого екскаватора

Експлуатаційна продуктивність залежить від можливості крокуючого екскаватора самостійно рухатися по ґрунтовим поверхням кар'єрів.

Експлуатаційна продуктивність екскаватора при бестранспортній системі розробки може бути визначена за формулою:

$$Q_e = Q_t \cdot K_y \cdot K_n \cdot K_{вз}, \quad (1)$$

де Q_e - експлуатаційна продуктивність екскаватора;

Q_t - технічна продуктивність екскаватора;

K_y - коефіцієнт управління, показує вміння і здатність машиніста працювати на важелях управління та якості системи управління;

$K_{вз}$ - коефіцієнт використання зміни;

K_n - коефіцієнт впливу пересування.

Величина коефіцієнту впливу пересування залежить від конструкції опорної поверхні лиж. Яка може бути наступних видів:

- з гладкою поверхнею;
- з опорною поверхнею яка в поздовжньому перетині з боку спирання на ґрунт обмежена ламаною лінією;
- з висотою кожного попереднього опорного елемента в напрямку ковзання лижі менше висоти кожного наступного опорного елемента;
- з додатковими опорами, які виконані у вигляді балок і закріплені на торцях основний балки, причому вісь шарнірного з'єднання балок збігається з поздовжньою віссю основно

балки;

- з закріпленими всередині кожної стінки паралельно розташованими обмежувальними ребрами, між якими розташований з можливістю переміщення у вертикальній площині верхній пояс, при цьому лижа має розташування всередині порожнього корпусу пружні елементи кулястої форми.

Додаткові елементи опорної поверхні забезпечують відсутність пробуксовування лиж відносно опорної поверхні ґрунта вибою.

Якщо позначити чисту тривалість розробки елемента забою через $t_{эл}$, тривалість пересування без урахування пробуксовування через t_n , то коефіцієнт впливу пересування буде дорівнювати:

$$\frac{t_{эл}}{t_{эл}+t_n} = K_n, \quad (2)$$

$$t_{эл} = \frac{60PBL_n}{Q_T \cdot K_y}, \quad (3)$$

де B - ширина забою, м;

P - потужність відпрацьованої розкрива, м;

L_n - довжина пересування екскаватора, м.

Швидкість руху екскаватора без урахування пробуксовування

$$V_n = L_k \frac{60}{t_k}, \quad (4)$$

де L_k - довжина кроку, залежна від конструктивних параметрів крокуючого

механізму, м.;

t_k - середня тривалість циклу крокування, хвл.

Швидкість руху екскаватора з урахуванням ковзання $\sum \Delta l_i$ лиж відносно ґрунтової поверхні кар'єра визначається за формулою:

$$V'_n = (l_k - \sum \Delta l_i) \frac{60}{t_k}, \quad (5)$$

де коефіцієнт впливу пересування з урахуванням пробуксовування:

$$\frac{t_{эл}}{t_{эл}+t'_n} = K_n, \quad (6)$$

$$t'_n = \frac{l_k}{V_n(1-\delta_6)}, \quad (7)$$

Якщо позначити через δ_6 коефіцієнт буксування, рівний відношенню $\frac{\sum \Delta l_i}{L_k}$ сумарного за цикл крокування прослизання лиж по ґрунтовій поверхні кар'єру до довжини кроку L_k драглайну, то залежність (5) можна представити у вигляді:

$$V'_n = V_n(1 - \delta_6) \quad (8)$$

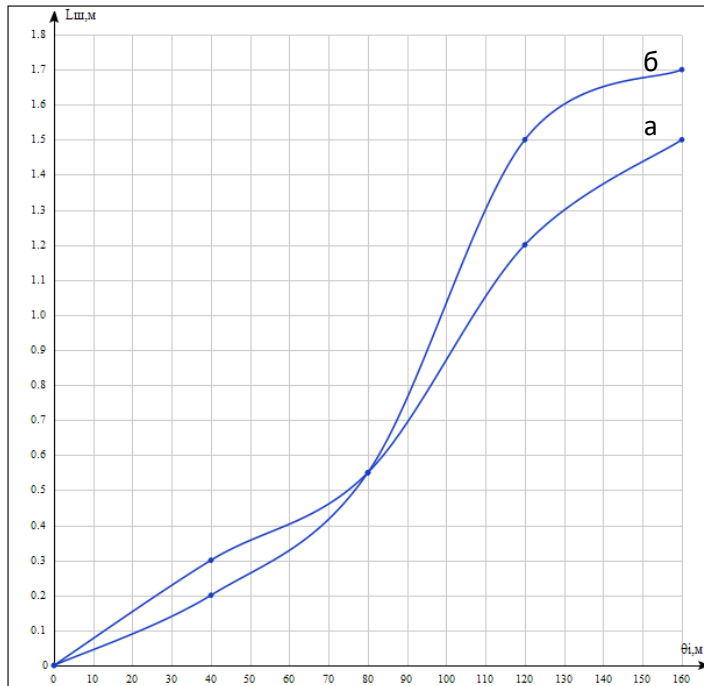


Рисунок 2 – Залежність довжини кроку від кута повороту кривошипа:
а) для ЕШ 6.60; б) для ЕШ 20.90

Сумарне за цикл крокування прослизання лиж по ґрунтовій поверхні кар'єра $\sum \Delta L_i$ знаходяться за графіками рис.2 в залежності від величини $\sum \Delta \theta_i$ сумарного за цикл крокування кута повороту кривошипа механізму, відповідного буксування.

Звідси експлуатаційна продуктивність екскаватора з урахуванням часткового пробуксовування при пересуванні може бути визначена за формулою:

$$\theta_z = \theta_t K_y K_p K_{ис} \quad (9)$$

Висновки. Зіставлення експлуатаційної продуктивності з урахуванням часткового пробуксовування за результатами порівняльного дослідження прохідності обладнаних кривошипно-важільним і кривошипно-ексцентриковим крокуючим ходом, показує, що в однакових умовах експлуатації продуктивність перших вище на 3-7%.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шеффлер М. Основы расчета и конструирования подъемно-транспортных машин / М. Шеффлер, Г. Пайер – М.: Машиностроение, 1980. – 255 с. 3.
2. Подерни Р. Ю. Механическое оборудование карьеров / Р.Ю. Подерни – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2007. – 680 с.
3. Д. С. Подорожная. Опыт эксплуатации шагающего ходового оборудования землеройных работ «Донбасс», Донецк, 1966.
4. Б. И. Сатовкий, Х. А. Винокурский. Механизм с гидравлическим приводом для передвижения шагающего экскаватора, ав.свид. №175900
5. И. Н. Старцев. Механизм передвижения шагающего экскаватора с гидравлическим приводом, ав. свид. №86079
6. Суслов Н. М. Кинематический и силовой анализ механизма шагания экскаватора / Н. М.Суслов, А. Ляпцев // Горные машины и автоматика. - 2004. - с. 9-11.
7. Н. З Гармаш, Ю. И. Бережной. Измерение напряжений в грунте при передвижении шагающих экскаваторов. «Горные машины и автоматика», 1965, №9.

О. В. Держинская

«Донбасская государственная машиностроительная академия»

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ВОПРОС ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШАГАЮЩИЙ КРИВОШИПНО-РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА НА ДРАГЛАЙНЕ

Аннотация: В статье рассмотрены преимущества шагающего кривошипно-рычажного механизма на драглайнах. Рассмотрены вопросы экономической эффективности при применении различных систем ходового оборудования. Проанализирована эксплуатационная производительность механизма передвижения шагающего экскаватора с учетом пробуксовки при перемещении.

Ключевые слова: драглайн, шагающий механизм, кривошипная система, лыжа, опорная поверхность, перемещение, грунт

O. Dzerzhinskaya

Donbass State Engineering Academy

INVESTIGATION OF THE TECHNO-ECONOMIC QUESTION OF USING THE CROSS-CUTTING-LIFTING MECHANISM ON WALKING EXCAVATORS

Annotation: The advantages of a stepping crank-lever mechanism on walking excavators are considered in the article. The problems of economic efficiency in the application of various systems of the navigation equipment. The operational performance of a walking excavator is analyzed taking into account slippage when moving.

Key words: dragline, walking mechanism, crank system, ski, footprint, displacement, ground

УДК 622.5,62-7,62-5.

С. М. Зінов'єв (канд. техн. наук, доц.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Н. А. Несторук (канд. пед. наук, доц.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

І. В. Придятько (ст. викл.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

С. А. Скрипник

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВОДОВІДЛИВУ В ГІРНИЧІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ УТАС

Анотація: В статті розглянуто комплексному автоматизацію процесу водовідливу в гірничій промисловості за допомогою УТАС. Показано, що система УТАС може взаємодіяти з обладнанням для автоматизації робочих процесів гірничошахтного обладнання. Досліджено роботу апаратури автоматизації водовідливу шахти, що дає можливість зрозуміти проблему і можливості таких систем. Описано можливості автоматики та дистанційного керування шахтними машинами і механізмами.

Ключові слова: датчик, реле, сигналізація, система УТАС, дистанційне управління, водовідлив, режим роботи, автоматизація.

Постановка проблеми: Покращення надійності і безаварійності водовідливу шахт за допомогою автоматизації його технологічних процесів. За допомогою УТАС можливо регулювати багато важливого шахтного устаткування, але непогано було б впровадити цю систему для всіх дільниць, де є механічні комплекси.

Аналіз попередніх досліджень: На основі вивчення автоматичних пристроїв для шахтного устаткування створюються нові проекти з удосконалення водовідливу підприємств. Також досліджуються різні технологічні схеми і методи контролю за АСУ. Розглядаються різні види пристроїв для застосування автоматизованого водовідливу в шахтних умовах.

Існуючі системи автоматизації і сигналізації водовідливних установок мають обмежені можливості. Гірничий диспетчер шахти має можливість побачити деякі аварійні ситуації. Фіксувати робочі параметри обладнання та впливати на режим роботи диспетчер може за допомогою робітників, які обслуговують обладнання та передають інформацію телефоном[1]. Тому, розширення можливостей і функціональності апаратури автоматизації не тільки актуальна технічна задача, а й питання безпечної експлуатації обладнання.

Мета статті: Обґрунтувати можливість підвищення ефективності та дистанційного керування режимами роботи насосних установок; уперехід до автоматизованого, більш безпечного і надійного способу водовідливу.

Водовідливні установки гірничих підприємств, що відпрацьовують обводнені родовища, представляють складний енергомеханічний комплекс, що включає: насосні агрегати різної продуктивності, трубні колектори, систему електрооснащення і апаратуру автоматизації.

Основна задача автоматизації цих об'єктів полягає у вивільненні обслуговуючого персоналу і забезпечення надійності й економічного функціонування процесу водовідливу, що б виключити затоплення гірничих виробок і створити нормальні умови для ведення гірничих робіт.

Для забезпечення заданого рівня безвідмовної роботи водовідливу, його проектують з запасом по ємності водозбірника і резервом насосних агрегатів. Крім того, на головних водовідливних установках передбачається резервування електропостачання та дублювання трубопроводу для відкачки води на поверхню [1].

Водовідливні установки працюють, як правило, в циклічному режимі. Їх включення і відключення виробляють в функції рівня води в водозбірнику.

апаратура автоматизації водовідливу повинна забезпечувати:

- автоматичну контрольовану заливку насосів перед їх пуском в роботу;
- автоматичне включення в роботу чергового насоса при досягненні водою верхнього рівня і безперервну роботу його до нижнього рівня;
- автоматичний контроль за працюючим насосом і аварійне відключення його, якщо він не розвинув заданої продуктивності або в установці виникла відмова (перегрів підшипників, коротке замикання та ін.);
- автоматичне включення в роботу резервного насоса , якщо відмовив перший насос або він не справляється з припливом і вода досягла підвищеного або аварійного рівня, може передбачено одночасне включення декількох насосів;
- знеособлену звукову та світлову сигналізацію на пульт диспетчера про стан установки (робота, відмова) і аварійний рівень води, а також сигналізацію в камері про що відмовив насосі;
- можливість дистанційного включення установки з пульта диспетчера і переведення її на ручне управління;
- можливість застосування різних способів заливки (погружний насос , баковий акумулятор, сифонний спосіб і ін.);
- блокування від включення відмовив насоса без втручання обслуговуючого персоналу;
- автоматичне керування роботою засувки на трубопроводах, а також роботу з постійно відкритою засувкою при невеликих глибинах.

З огляду на різноманіття типів водовідливів, різноманітність гідрогеологічних, гірничотехнічних умов шахт і копалень, для автоматизації цього процесу використовується

різна серійна апаратура, що забезпечує з тієї чи іншої повнотою реалізацію розглянутих вимог. У ряді випадків автоматизація водовідливу виконується за індивідуальними проектами.

Для автоматичного управління водовідливними установками застосовується наступна апаратура:

- АВО-3 для установок, обладнаних одним насосом з короткозамкненим асинхронним електродвигуном до 120 кВт;

- АВН-1М (в даний час випуск апаратури припинений) для установок, обладнаних трьома насосами з низьковольтними асинхронними короткозамкненими електродвигунами;

- УАВ для установок, обладнаних насосами з високовольтними і низьковольтними асинхронними короткозамкненими електродвигунами.

Уніфікована апаратура УАВ має нормальне виконання і може укомплектовуватися для автоматизації 16 насосів.

ВАВ для установок, обладнаних насосами (до дев'яти) з високовольтними і низьковольтними асинхронними короткозамкнутими електродвигунами. Апаратура має вибухозахищене виконання і може використовуватися в шахтах, небезпечних за газом або пилом.

До найважливіших операцій з управління водовідливної установкою відноситься заливка насоса перед включенням його в роботу. В даний час найбільшого поширення набув спосіб заливки при помірній заливці погрузного насоса ЗПН, котрий перебуває в водозбірнику нижче нижнього рівня і постійно залитий водою.

Інші способи заливки: подача води з нагнітального ставу, застосування бакових акумуляторів, сифонний спосіб, використання заглиблених насосних камер отримали у вугільній промисловості мале поширення. У гірничорудній промисловості заглиблені насосні камери застосовують широко, так як вони забезпечують найбільш сприятливі умови роботи насосів і істотно спрощують схему автоматизації.

Після включення в роботу апаратури (наприклад, УАВ) і її програмного пристрою (оператор А) контролюється рівень води в водозбірнику за допомогою електродних датчиків (логічне дещо умова р). Коли вода підніметься до датчика верхнього рівня, надходить команда на включення заливного насоса ЗПН, який подає воду в насос протягом часу, передбаченого програмним блоком. Якість заливки контролюється реле тиску РДВ (логічне умова к). Якщо в момент контролю рівня він досяг підвищеного або аварійного рівня ($p = 0$), програмний блок спочатку перемикає схему на включення п насосів одночасно, а лише потім включає заливний насос.

Коли насос (або насоси) буде залитий, подається команда на введення його в роботу (оператор Аз) з подальшим контролем за продуктивністю за допомогою пророчого реле продуктивності РПН (логічне умова г). якщо насос розвинув задану продуктивність ($г = 1$), то схема перемикається на контроль нижнього рівня, при досягненні якого насос буде відключений. якщо насос з якої-небудь причини не розвинув заданого виробничого ресурсу, він відключається і подається сигнал диспетчеру (оператор Л4), а апаратура почне новий цикл по включенню в роботу наступного насоса. Наведений алгоритм відображає тільки порядок виконання основних функцій по включенню і відключенню насосів. Поряд з ними апаратура автоматизації забезпечує виконання різних контрольних і захисних функцій, наприклад, контроль температури підшипників тощо і допомоги датчиків ТДЛ (див. рис. 1).

Автоматичне регулювання продуктивності відцентрових насосів може проводитися шляхом зміни окружної швидкості робочого колеса і без її зміни [2].

Також для автоматизації водовідливу застосовують систему УТАС призначену для забезпечення комплексної безпеки шахт шляхом:

- безперервного контролю параметрів машин, технологічних комплексів і рудникової атмосфери гірничих виробок шахт;

- автоматизованого керування гірничими машинами і технологічними комплексами на основі використання постійно оброблюваних і накопичуються даних про стан ГШО і атмосфери виробок, що передаються на диспетчерський пункт шахти по телекомунікаційного зв'язку.

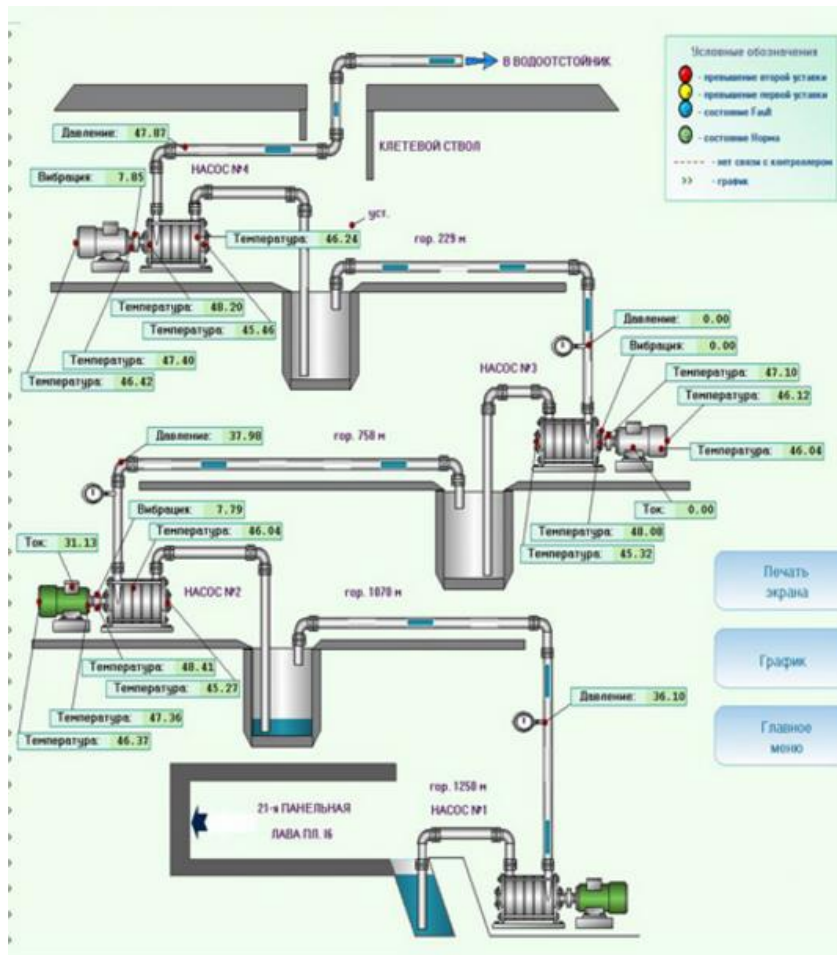


Рисунок 1 – Схема автоматичної водовідливної установки

Система виробляє:

- збір і зберігання даних про стан ГШО, рудничної атмосфери в виробках шахт, а також інформації про предаварійних і аварійних ситуаціях;
- обробку отриманої інформації за заданим алгоритмом і видачу команд сигналізації та аварійного відключення;
- передачу даних диспетчеру на поверхню;
- обробку, візуалізацію і зберігання зібраної інформації по заздалегідь розробленому алгоритму;
- передачу команд управління від диспетчера до підземних об'єктах [3].

Сигнали про стан гірничих машин, механізмів, устаткування та про параметри рудничної атмосфери надходять на програмовані контролери Системи від датчиків, встановлених як в шахті, так і на поверхні. Програмовані контролери приймають і аналізують сигнали датчиків. При перевищенні показників датчиків значень заданих уставок контролера подаються команди на включення сигналізації, відключення ГШО і електроенергії, також передається поточна інформація про стан ГШО і про параметри рудничної атмосфери по цифровому каналу зв'язку в диспетчерську. Залежно від ситуації, диспетчер може видавати додаткові керуючі команди, які передаються на контролери ГШО, встановленого як під землею, так і на поверхні для виконання функцій управління.

До складу системи УТАС входить (рис 2):

- центральний диспетчерський пункт управління водовідливом (ЦДП), який повинен бути виконаний на автоматизованому робочому місці (АРМ) гірничого диспетчера;
- місцевий пост управління (МП), до складу якого входить локальний контролер UML з кнопками управління на лицьовій панелі, який здійснює контроль технологічних параметрів і управління агрегатами, що відносяться одному до водозабірному колодезю.

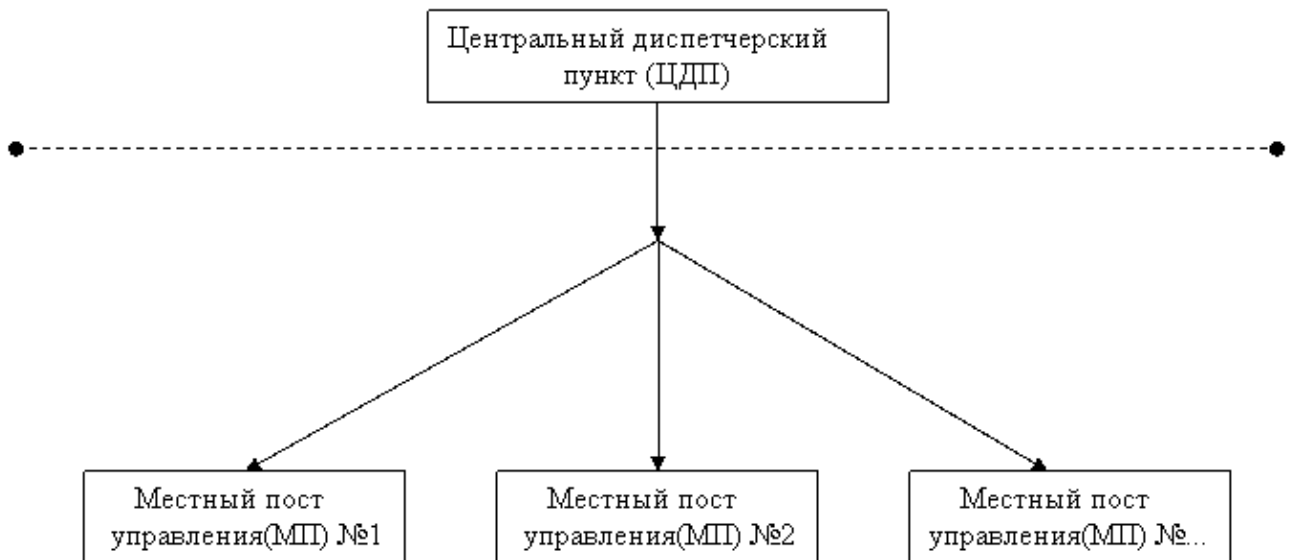


Рисунок 2 – Склад системи

Система реалізується на базі програмованих контролерів UML, що входять до складу іскробезпечної системи автоматизації ELSAP-05.

Система забезпечує можливість підключення контролерів ELSAP-05 через стандартні інтерфейси і протоколи зв'язку і програмні інтерфейси з загальнопромисловим програмним забезпеченням диспетчеризації та збору даних SCADA. Апаратні засоби нижнього рівня і програмне забезпечення верхнього рівня визначаються за бажанням замовника на стадії складання технічного завдання і проектування.

До складу технічних засобів входять:

- Контролер системи ELSAP -05;
- датчик температури ДТМ;
- комутатор датчиків температури ДТМ-4;
- сигналізуючий пристрій СУ-27;
- шахтне джерело живлення [4].

Висновок. Система УТАС разом з апаратурою для автоматизації має велику надійність і дасть можливість зробити один єдиний пункт, на який буде надходити і зберігатися вся інформація з шахти. Це дозволить збільшити безвідмовну роботу гірничого устаткування і зменшення аварійності на підприємстві. Такі системи випускаються Петровським заводом і встановлені вже на шахті Краснолиманській. За допомогою УТАС в Луганську мали намір утворити єдиний пункт, який би стежив за всіма шахтами Донецької і Луганської областей. Потрібно продовжити дослідження і установку таких пристроїв на підприємства гірничої промисловості.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Попов В.М. Водовідливні установки: Довідкове посіб.-М.: Недра, 1990.-254 с.: іл.
2. http://baumanki.net/lectures/6_gorno-geologicheskaya-otrasl/205-avtomatizaciya-proizvodstvennyh-processov-na-gornyh-predpriyatiyah/2503-8-avtomatizaciya-processa-vodootliva.html.
3. <http://www.ingortech.ru/novosti/item/281>
4. <http://itras.com.ua/index.php?id=16076&show=4nalbum&do=showpic&pid=356061>
5. Бусигін К.К., Іванов Ю.О., Кошман А.В. Застосування комплексу КАГІ при автоматизації контролю та управління провітрюванням в тупикових виробках. Макіївка: Зб. наук. праць МакНДІ "Способи та засоби створення безпечних і здорових умов праці у вугільних шахтах", 2001. - С. 174-179.

С. Н. Зиновьев (канд. пед. наук, доц.),
Индустриальный институт ДВУЗ «Донецкий национальный технический университет»
Н. А. Несторук (канд. техн. наук, доц.),
Индустриальный институт ДВУЗ «Донецкий национальный технический университет»
И. В. Придатыко (ст. преп.),
Индустриальный институт ДВУЗ «Донецкий национальный технический университет»
С. А. Скрипник
Индустриальный институт ДВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОДООТЛИВА В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПРИ ПОМОЩИ УТАС

Аннотация: В статье рассмотрено комплексную автоматизацию процесса водоотлива в горной промышленности с помощью УТАС. Показано, что система УТАС может взаимодействовать с оборудованием для автоматизации рабочих процессов горно-шахтного оборудования. Исследована работа аппаратуры автоматизации водоотлива шахты, что дает возможность понять проблему и возможности таких систем. Описаны возможности автоматики и дистанционного управления шахтными машинами и механизмами.

Ключевые слова: датчик, реле, сигнализация, система УТАС, дистанционное управление, водоотлив, режим работы, автоматизация.

S. Zinoviev (Ph.D., Associate Professor),
Industrial Institute of Donetsk National Technical University
N. Nestoruk (Ph.D., Associate Professor),
Industrial Institute of Donetsk National Technical University
I. Pridatko (Senior Teacher),
Industrial Institute of Donetsk National Technical University
S. Skrypnyk
Industrial Institute of Donetsk National Technical University

AUTOMATING THE PROCESS OF PUMPING WATER IN MINING INDUSTRY WITH THE HELP OF UTAS

Annotation: The article deals with the complex automation of the process of dewatering in the mining industry with the help of UTAS. It is shown that the UTAS system can interact with equipment for automation of working processes of mining equipment. The work of the equipment for automation of the mine drainage has been studied, which makes it possible to understand the problem and possibilities of such systems. The possibilities of automation and remote control of mine machines and mechanisms are described

Key words: sensor, relay, alarm system, UTAS system, remote control, dewatering, mode of operation, automation.

С. М. Зінов'єв (канд. техн. наук, доц.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

І. В. Придятько (ст. викл.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Н. А. Петрова

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

АНАЛІЗ РУЙНУВАНЬ ШАХТНИХ КОПРІВ, ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ

Анотація: У статті приведені результати аналізу основних проблем на існуючих шахтних підйомних установках. Розглянуті головні причини руйнування шахтних копрів, запропоноване вирішення даної задачі. Проаналізовані переваги та недоліки такого рішення.

Ключові слова: шахта, надшахтна споруда, шахтний підйом, копер, руйнування, технологічний процес.

Постановка проблеми. Технологічна схема гірничодобувного підприємства – це сукупність основних і допоміжних гірничих процесів в поєднанні з необхідними для їх виконання гірничими виробками, поверхневими спорудами, засобами автоматизації та механізації, що забезпечують безпечну та ефективну розробку родовищ. До основних процесів, що створює потік корисної копалини, відносять його виїмку, транспортування, підйом і відвантаження споживачам. До допоміжних процесів відносять спорудження гірничих виробок, вентиляцію, енергопостачання, допоміжний транспорт, водовідлив, зв'язок, освітлення і т. ін. У цій схемі виділяють підземний та надземний технологічний комплекс шахти.

Останній являє собою сукупність технологічних ліній і вузлів, розміщених в будівлях і спорудженнях на поверхні шахти, що забезпечують роботу її підземного господарства, а також складування та переробку [1].

На сучасній шахті поверхневі будівлі і споруди, як правило, згруповані в три блоки: блок головного ствола, блок допоміжного ствола і адміністративно-побутовий комбінат. Крім того, на поверхні шахти розташовуються будівлі і споруди, що не входять в указані блоки.

Блок головного ствола включає в себе: надшахтні будівлі з секціями вугільного і породного комплексу, будівлі скіпових підйомних машин, електропідстанцію, будівлю компресорної установки, будівлю котельні, шахтний копер.

Мета статті. Виявити основну причину руйнувань шахтних копрів та запропонувати напрям запобігання аварій.

Головне призначення копрів полягає для підтримки напрямних шківів і сприйняття сил, що діють на них, для кріплення провідників, що виходять зі ствола та розвантажувальних кривих. При багатоканатному підйомі з провідним шківом тертя на копрі в спеціальному приміщенні розташовується підйомна машина. Основні частини копра підйомних установок, машини яких розташовуються на рівні землі:

- вертикальний верстат;
- укосина, підпирають його у верхній частині і укріплена на бетонному фундаменті;
- майданчик для напрямних шківів.

Копри, що встановлюються над стволом шахти, споруджені для підтримки напрямних шківів, закріплення провідників і посадочних пристроїв клітей, розвантажувальних кривих для скіпів і перекидних клітей, а також для розміщення на них багатоканатних підйомних машин. Копри сприймають навантаження натягу підйомних канатів, тиску вітру і маси

обладнання, розташованого на них. За конструкцією шахтні копри можна розділити на укисні і баштові. Укисний копер складається з вертикального верстата, укосини, що підпирає верстат у верхній частині і укріпленої внизу на бетонному фундаменті, і майданчики для напрямних шківів. Верстат копра спирається на підкопрову раму, що встановлюється в гирлі стовбура. Саме така конструкція іноді являється причиною його руйнування.

У ході аналізу даної проблеми, було знайдено чимало прикладів деструкції на багатьох шахтах, як України, так і інших країн, що говорить про її актуальність.

Значний відсоток трагедій на шахтах пов'язаний з падінням копра. Варто звернути увагу на самі шахти та розібрати джерело виникнення обвалу [2-6]:

- трагедія на українській шахті ім. В.М. Бажанова в Макіївці Донецької області України, де падіння копра сталося через низьку якість бетону, з якого було побудовано споруду;
- обвалення ствола і копра на шахті «Жовтнева» в м. Донецьку. Сталося руйнування кріплення гирла, верхній частині повітрядаючого ствола;
- у Кривому Розі обрушився копер шахти «Більшовик». Обвалення сталося в рамках планового демонтажу конструкції.
- на вугільних підприємствах Кемеровської обл., Росія, найбільшого поширення набули металеві шахтні копри станкового типу, руйнування яких відбулося через недотримання ПБ.

Наслідки порушень конструкції копрів несуть не тільки фінансові втрати та зупинку виробництва, а й небезпеку здоров'ю та життю персоналу. Наслідки порушень можуть проявити себе дуже швидко (рис. 1).

Нижче детальніше розглянемо причини порушень копрів[3, 5, 6].

1) Перше, з чим стикається експерт при проведенні експертизи промислової безпеки (ЕПБ) шахтних копрів - це недотримання експлуатуючою організацією таких вимог:

- відсутні паспорт споруди, технічний журнал, в який необхідно вносити записи про всі виконані роботи з обслуговування та поточного ремонту;
- дані про проведення періодичних оглядів стану будівельних конструкцій.



Рисунок 1 – Наслідки порушень конструкції копрів

2) Порушення вимог пояснюється тим, що копри знаходяться у віданні служби головного механіка шахти, а не відділу капітального будівництва. Проектна документація в багатьох випадках надається не в повному обсязі, іноді тільки окремими кресленнями. Виконавча документація по копру часто втрачена, і відновити її на сьогоднішній день не представляється можливим. Відсутність вищезгаданої документації значно ускладнює експертизу промислової безпеки, особливо оцінку поточного стану будівельних конструкцій.

3) Основна несуча конструкція шахтного копра станкового типу - верстат, виконаний у вигляді чотирьох рам-ферм (стійок, пов'язаних між собою розкосами) і встановлений на опорній (подкопровой) рамі. Характерний дефект елементів верстата - корозія. Найбільш сильно вона виражена в місці сполучення з опорною рамою. Значно корозією буває пошкоджений весь ділянку верстата, що знаходиться під обшивкою, через появу рясного конденсату в зимовий період. Ще один поширений дефект вищевказаного елемента копра - відсутність зв'язків, передбачених проектом, які були демонтовані під час монтажу різного устаткування, що призводить до збільшення розрахункової довжини стійок верстата і, як наслідок, зниження несучої здатності металоконструкції.

4) Найбільш поширене пошкодження опорної рами - значна корозія на всій поверхні її елементів внаслідок високої вологості повітря, що надходить зі стовбура, і агресивності навколишнього середовища.

5) Фундамент верстата конструктивно пов'язаний з кріпленням ствола і частіше за все не має дефектів і пошкоджень, що знижують несучу здатність.

6) Основний дефект підшківних ферм - деформація елементів в площині ферми через кріплення до них пристосувань для підняття вантажу. Таке ушкодження призводить до зниження несучої здатності конструкції в цілому.

7) Підшківні балки, як правило, не мають деформаційних ушкоджень. Тут найчастіше можна побачити недостатню площу спираючої цієї конструкції на головну балку укосини, що викликає нерівномірний розподіл навантаження від роботи підйомної установки.

8) Укосина являє собою конструкцію, що складається з двох опорних ніг (гілок), пов'язаних між собою розкосами. Вона забезпечує стійкість копра і сприймає зусилля від натягу підйомного каната. До основних дефектів і пошкоджень укосини можна віднести деформацію окремих елементів внаслідок механічної дії і руйнування захисного лакофарбового покриття.

9) Головна балка укосини часто схильна до корозії в місцях скупчення канатної мастила з вугільним пилом і шлаком. У решти елементів головки копра в основному руйнується тільки захисне лакофарбове покриття.

10) Поява значної корозії зазвичай можливо тільки в опорних вузлах гілок в місцях скупчення вугільного пилу і шлаку.

11) Фундаменти укосини виконані в формі, яка відповідає напрямку опорного тиску. Найбільш поширений дефект цієї конструкції - відсутність контргайок на анкерних болтах. Також можливе руйнування поверхневого шару бетону через вплив навколишнього середовища. Ще нерідко фундамент цілком занурений в ґрунт, що не відповідає проектним рішенням [5-9].

Завдяки ряду досліджень були виділені дві найчастіші причини порушень копрів:

- руйнування кріплення гирла;
- оскільки копри виготовляють зі сталі і залізобетону, слід звернути особливу увагу на якість бетону, який найчастіше не відповідає стандартам.

Виконаємо перевірочний розрахунок стійкості копра на перекидання [10-12] який зводиться до визначенню коефіцієнта стійкості K , що показує відношення моменту стійкості M_y до моменту перекидання M'_{on} (рис. 2).

$$K = \frac{M_y}{M'_{on}} \geq 1,0 \quad (1)$$

де M'_{on} - сумарний момент перекидання: $M'_{on} = M_{on} + M_{\alpha}$; $M_{\alpha} = P_{\alpha} h_{\alpha} \cos \alpha$;

$$M'_{on} = M_{on} + M_{\alpha}; M_{\alpha} = P_{\alpha} h_{\alpha} \cos \alpha; \quad (2)$$

P_{α} - сумарне горизонтальне зусилля від рівнодіючих величин натягу канатів при екстремних навантаженнях;

h_{α} - плече сили P_{α} ;

α - кут між розрахунковим напрямком швидкісного набору і нормальним напрямком до осі перекидання.

$$K = \frac{Q_{ст} d + Q_r d'_1 + Q_y d_2 + Q_{\phi} d_3}{(W_r h_r + W_c h_c + 2W_y h_y + W_{\alpha} h_{\alpha}) \cdot \cos \alpha} \quad (3)$$

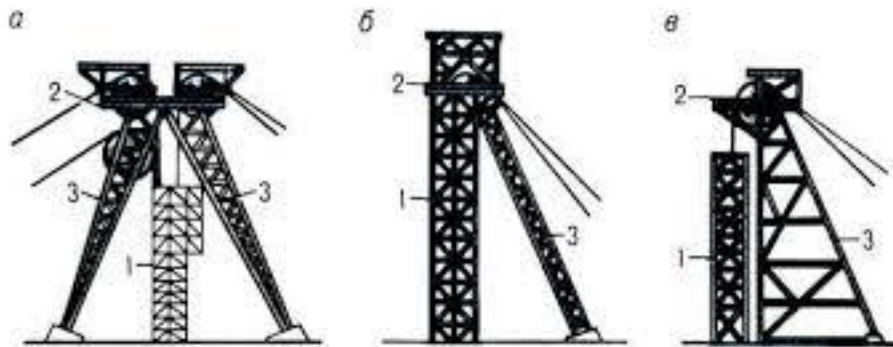


Рисунок 2 – Графічне зображення шахтних копрів для одноканатного підйому:
а – шатровий, б – чотиристійковий,
в – А-подібний (1 – станок, 2 – підшківний майданчик, 3 – укіс)

Всі величини, що входять в формулу, були визначені раніше, за виключенням α і h_{α} . Ра залежить від розривного зусилля каната, від розташування шківів і від типу підйомної машини. Максимальна величина Ра складе:

$$P_{\alpha} = R_{зк1} \sin \alpha_{н} + R_{зк2} \sin \alpha_{н} \quad (4)$$

Для скіпових копрів, для яких $h_5 = 0, h_{\alpha}$ складе $h_{\alpha} \cong H_k$; а для клітьових копрів $h_5 = 0, h_{\alpha}$ величина h_{α} може бути знайдена по формулі:

$$h_{\alpha} = \left(1_y + \frac{h_{н\phi} + c_3}{\cos \theta} \right) \cos(\theta - \rho), \text{ м} \quad (5)$$

Якщо в результаті розрахунку коефіцієнт К виявиться менше одиниці, то необхідно змінити конструкцію копра з метою збільшення моменту стійкості. В першу чергу це можна зробити за рахунок збільшення ваги фундаменту або за рахунок збільшення розносу ніг укосини. В такому випадку величина К може бути прийнята рівною 1.1 або 1.25 і в залежності від К можуть бути визначені величини Q_{ϕ} або 1. Якщо цей прийом не дасть бажаних результатів, то стійкість копра на перекидання повинна бути забезпечена за рахунок застосування розчалок з канатів.

Висновки. Відсутність всіх перерахованих вище дефектів і пошкоджень будівельних конструкцій розглянутого елемента підйомної установки, наявність повного комплексу технічної документації, а також дотримання вимог нормативних документів дозволить значно збільшити безпеку експлуатації шахтного копра. Його справний стан допускає проводити експертизу промислової безпеки раз в 5 років, що дає можливість економити кошти, які в подальшому можна направити на проведення поточного ремонту розглянутої споруди.

Так як шахтний копер - це, перш за все, спорудження на небезпечному виробничому об'єкті, то слід зазначити основні напрямки вдосконалення шахтних копрів: укосних - уніфікація технологічної, електромеханічної та конструктивної схем, зниження металоємності за рахунок застосування (для виготовлення укосин, головних балок, підшківний ферм) сталей підвищеної міцності, розробка типових проектів та ін.; баштових - створення конструкцій відкритого полегшеного типу зі зменшеними будівельними об'ємами, пристрій основної частини копра нижче поверхні землі і розміщення багатоканатних підйомних машин на нульовій позначці, впровадження спеціальних легких металевих панелей з вогнетривкими утеплювачами та раціональних конструктивних форм стійких по

відношенню до експлуатаційних агресивних дій; застосування ефективних методів захисту конструкцій від корозії та абразивного зносу. Для забезпечення безпеки споруд, що експлуатуються, необхідно створення системи інженерно-технічних заходів з контролю технічного стану та посилення пошкоджених конструкцій.

Важливі висновки і рекомендації: діючі норми проектування не в повному обсязі враховують рівень пріоритету ремонтпридатності надшахтних копрів; невиправдана економія на стадії проектування, будівництва, а також безсистемний підхід до ремонтно – відновлюваних робіт призводять до більших грошових витрат у процесі експлуатації; застосування сучасного комп'ютерного забезпечення дозволяє максимально скоротити витрату металу без зниження рівня надійності й безпечної експлуатації рамних копрів. Тому слід пам'ятати, що можливі аварії на шахтних копрах створюють загрозу катастрофічних наслідків, в зв'язку з цим, роботи спрямовані на їх запобігання є досить актуальними.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кущенко В.Н., Дворников В.И., Кострицкий А.С. Влияние технологических факторов и условий аварийных ситуаций на параметры особых нагружений конструкций шахтных копров при заклинивании подъёмного сосуда // Будівельні конструкції та споруди: Зб. наук. праць.- Макіївка, 2001.- Вип. 2001-4 (29) .- Т. 2.- С. 39-43.
2. Обеспечение безопасности строительных конструкций укосных шахтных копров: (Монография) / Кущенко В.Н.; Донбасская нац.акад. стр. и арх..- Макеевка: Изд. ДонНАСА; Макеевка, 2006.- 202с.: ил., табл.
3. Кущенко В.Н. Об учёте динамического предела текучести стали при расчёте металлических конструкций на импульсивные воздействия // Надёжность и реконструкция зданий и сооружений: Сб. науч. тр.- Макеевка, 1994.- С. 14-18.
4. Кущенко В.Н. Диагностическая функция безопасности элемента конструкции в форме неопределённости // Строительные конструкции здания и сооружения: Сб.науч. тр.- Макеевка, 1998.- Вип. №98-4(12).- С. 55-58.
5. Горохов Е.В., Кущенко В.Н., Куличенко П.Е. Анализ причин возникновения аварий на сооружениях шахтной поверхности // Будівлі та споруди: Зб. наук. праць.- Макіївка, 2000.- Вип. 2000-1 (21).- С. 3-11.
6. Кущенко В.Н., Кострицкий А.С. Экспериментальное исследование динамического поведения конструкций шахтных копров // Будівельні конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць.- Макіївка, 2003.- Вип. 2003-2(39).- Т.2.- С. 46-52.
7. Кущенко В.Н., Кострицкий А.С. Методика математического моделирования особых нагрузок на конструкции шахтных копров от заклинивания поднимающейся клетки // Будівельні конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць.- Макеевка, 2004.- Вип. 2004-2(44).- С. 35-44.
8. Красник В.Г., Кущенко В.Н., Петров С.В., Сааков А.Г. Композиционные материалы для защиты стальных конструкций шахт//Уголь Украины.-2004.- Вип. 6-2004(570).- С. 32-39.
9. Кущенко В.Н. Совершенствование методики расчёта укосных шахтных копров на действие особых нагрузок от внезапной остановки поднимающегося сосуда // Металеві конструкції.- 2005.- Т. 8, №1.- С. 53-65.
10. Кущенко В.Н. Обеспечение технологической безопасности строительных конструкций шахтных копров // Баштові споруди: матеріали, конструкції, технології: Зб. наук. праць.- Макіївка, 2005.- Вип. 2005-8(56).- С. 142-146.
11. Кущенко В.Н. Уточнение нагрузок на фундаменты шахтных подъёмных машин барабанного типа // Будівельні конструкції та споруди: Зб. наук. праць.- Макіївка, 2005.- Вип. 2005-3(51).- С. 50-55.
12. Кущенко В.Н. Уточнение нагрузок от натяжения подъёмных канатов для строительных конструкций укосных шахтных копров // Сучасні будівельні конструкції і матеріали: Зб. наук. праць.- Макіївка, 2006.- Вип. 2006-5(61).- С. 3-14.

С. Н. Зиновьев (канд. техн. наук, доц.),

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

И. В. Придатыко (ст. преп.),

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Н. А. Петрова,

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

АНАЛИЗ РАЗРУШЕНИЯ ШАХТНЫХ КОПРОВ, ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Аннотация: В статье приведены результаты анализа основных проблем на существующих шахтных подъемных установках. Рассмотрены основные причины разрушения шахтных копров, предложенное решение данной задачи. Проанализированы преимущества и недостатки такого решения.

Ключевые слова: шахта, надшахтные сооружения, шахтный подъем, копер, разрушения, технологический процесс.

S. Zinoviev (Ph.D., Associate Professor),

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

I. Pridatko (Senior Teacher),

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

N. A. Petrova,

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

ANALYSIS OF DESTRUCTION MINE KOPER, MAIN PROBLEMS AND SOLUTIONS

Annotation: In the article the results of analysis of the main problems existing mine hoisting installations. Considered the main causes of the destruction of mine copra proposed to solve this problem. Advantages and disadvantages of such a decision.

Key words: mine, pit head building, mountain climb, koper, destruc

УДК 622.6

С. М. Зінов'єв (канд. техн. наук, доц.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

І. В. Придатыко (ст. викл.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

О. О. Рева,

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

С. В. Пономарьов

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ТИПІВ ГАЛЬМ У ПІДЙОМНОМУ ОБЛАДНАННІ

Анотація: В даній статті описується проведене дослідження використання окремих типів гальм та їх доцільність у наземному та підземному обладнанні. Виконується аналіз та порівняння дискових та барабанних гальмівних установок на шахтному підприємстві.

Ключові слова: дискові гальма, барабанні гальма, колодки, диск, підйомні машини, гальмівні системи, виконавчі органи, аварійне гальмування.

Постановка проблеми. Вибір більш доцільного використання гальмівних систем у наземному та підземному обладнанні.

Аналіз попередніх досліджень. У зв'язку з тим, що вугілля на шахтних підприємствах добувають все глибше, і глибше, появилась необхідність збільшити швидкість підйому, щоб з економити час. Тому стали більш детально підбирати гальма, і так сталося, що барабанні є більш усталені для такої роботи.

Мета статті. Обґрунтувати область застосування окремих типів гальм та доцільність їх застосування в залежності від умов роботи.

Викладення основного матеріалу дослідження. Справна гальмівна система у будь-якому обладнанні – це запорука своєчасної зупинки та безпеки, що є найголовнішим при експлуатації промислового обладнання. Гальмівні системи широко використовуються у повсякденності на різних транспортних засобах (автомобілях, велосипедах, ліфтах і т. ін.). Найбільш великий рівень вимог пред'являється до гальмівних систем шахтних підйомних установок.

Всі шахтні підйомні установкиснащені гальмівними пристроями, які призначені для стопоріння канатівірухомихорганів під час пауз між підйомами, аварійного гальмування при порушенні нормальної роботи підйомної машини, а також управління підйомною установкою в період уповільнення.

Аварійне гальмування вводиться або машиністом підйому, або автоматично від апаратів захисту. При аварійному гальмуванні одночасно із зупинкою машини автоматично відключається від мережі її електродвигун.

Основним елементи гальма є виконавчий орган і привід. Виконавчі органи гальм можуть бути з радіальним і осьовим зусиллям до гальмівного обода. Перші гальма є барабанными, другі – дисковими.

Звідси виникає питання, який тип гальм краще застосовувати у підземних та наземних шахтних машинах, щоб покращити їх роботу та надійність механізму. Щоб розібратися у всіх цьому питанні, потрібно зрозуміти особливості роботи обох типів гальм. Хоча вони обидва виконують одну й ту ж функцію, жодного схожого вузла у барабанных і дискових гальм немає.

Дискові гальма є відкритою системою гальмування, у якій обертання диска зменшується за допомогою затискання гальмівними колодками, а основним елементом дискового гальма вважається пара колодки-диск. Перевага даної системи полягає в тому, що відкрита система швидше охолоджується, має більшу ефективність гальмування. Її мінус – це відносно невелика зносостійкість колодок, більша вартість системи та її обслуговування, імовірне руйнування гальмівного диска через перепад температур (коли на розпечений гальмівний диск потрапляє вода). Колодки виробляються швидше через те, що притискне зусилля колодок до диска в кілька разів вище, ніж чим в барабанній системі.

Дискові гальма отримали розповсюдження на багатоканатних підйомних машинах (рисунки 1а). В основному багатоканатні машини застосовують для підйому великих вантажів з великих глибин вертикальних стволах вугільних та рудних шахт на головних (для підняття вугілля або мінеральної руди) та допоміжних (для підйому персоналу, підземного обладнання і різних матеріалів) підйомах.

Підйомні машини з одним біціліндроконічні розрізним барабаном застосовуються для одношарової навивки каната на головних двохскіповихабо допоміжнихдвохкліткових підйомах, а також для однососудних підйомів з противагою на глибоких шахтах і рудниках.

Відмінність барабанных гальм полягає в тому, що їх механізм прихований усередині барабана, а гальмування здійснюється за допомогою дотику колодок з гальмівними полями, які розташовані з внутрішньою або зовнішньою боку поверхні барабана, тобто вони трохи розширюються (здавлюють), щоб пригальмувати барабан.

Перевагою барабанної гальмівної системи вважається, захист від бруду, менша вартість та більший термін служби, а мінусом є відсутність вентиляції. Тому барабанні гальма набагато більше схильні до перегріву, ніж дискові, що помітно знижує їх ефективність. Це особливо небезпечно при затяжних та аварійних гальмуваннях.

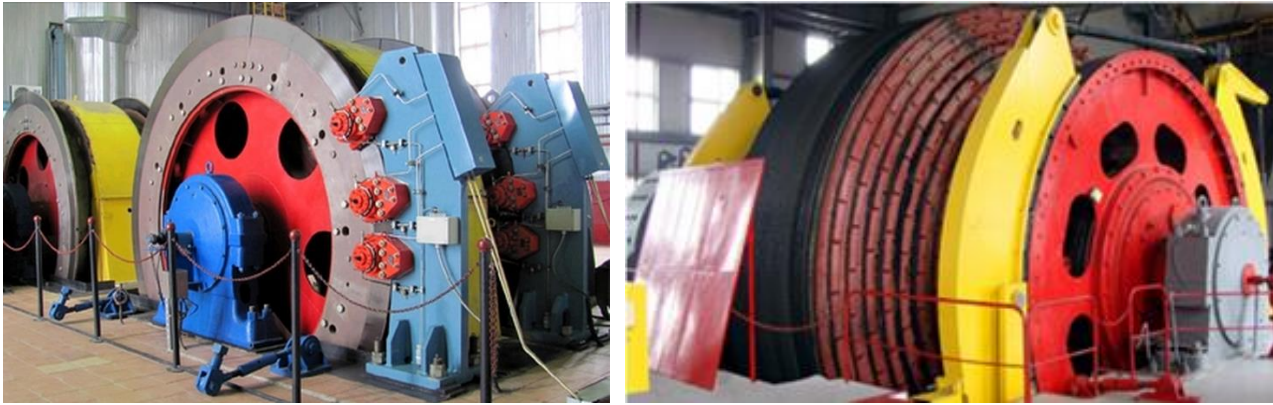


Рисунок 1 – Гальмівні системи шахтних підйомних машин

а) багатоканатні шахтні підйомні машини з дисковими гальмами, б) біціліндроконічні шахтні підйомні машини

Наочне уявлення про процес гальмування запобіжним гальмом зображено на рисунку 1. Характеристику двохступінчатого барабанного гальмування та характеристику дискового гальмування зображено на рисунку 2.

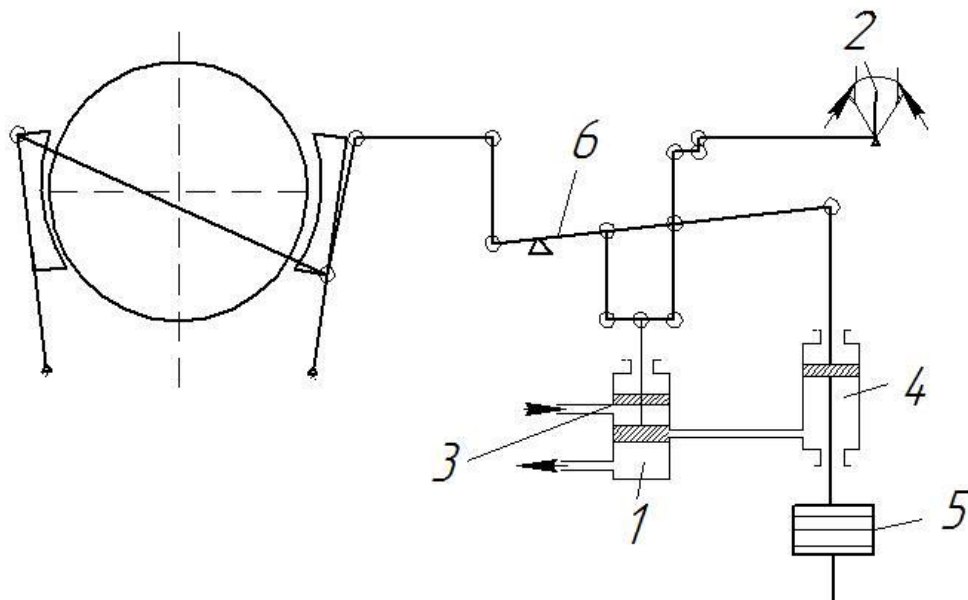


Рисунок 2 – Процес гальмування барабанних гальм

При управлінні гальмом за допомогою триходового крана 1 (рис. 81, а) його золотник 3 пов'язаний тягами з рукояткою керування 2. При переміщенні машиністом рукоятки 2 на себе золотник 3 пересувається вниз і робоча рідина (стиснене повітря, масло) випливає з гальмівного циліндра 4 (пряма перестановка золотника), а гальмівний вантаж 5, опускаючись, повертає балку 6 і виробляє гальмування. Гальмівний момент при цьому залежить від положення вантажу 5.

При досягненні певного гальмівного моменту для збереження його сталості машиніст повертає у вихідне положення рукоятку 2 і виробляє зворотний перестановку золотника 3 до положення, при якому припиняється витікання рідини з циліндра 4. Оскільки в описаному гальмі отримання стійкого гальмівного моменту визначається машиністом, це гальмо є нерегульованим.

Недолік такої схеми гальмування полягає у тому, що при великому зношенні колодок тормозний циліндр може бути вимкнений раніше, ніж колодки прийдуть у зв'язок із ободом, і машина не буде зупинена.

На рисунку 2 показано графіки, в залежності від часу, гальмування обладнання при різних тормозних системах.

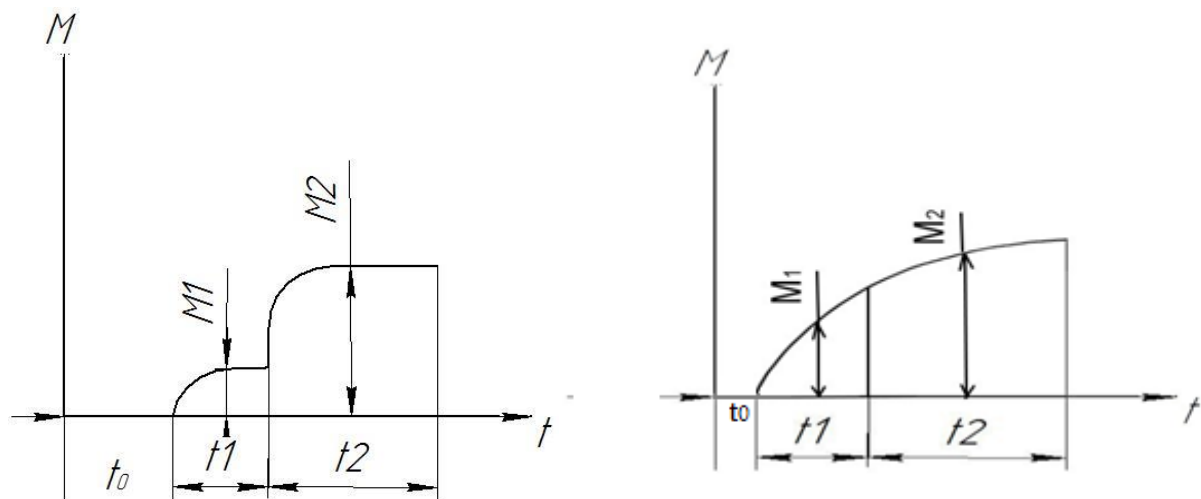


Рисунок 3— Характеристики гальмування
а) двохступінчатого барабанного, б) дискового гальму

На рисунку прийняті позначення:

t_0 - тривалість холостого ходу гальма (від початку включення гальма до зіткнення гальмівних колодок з ободом);

t_1 — тривалість першого ступеня гальмування;

M_1 — гальмівний момент, який створюється робочим гальмом при нерухомому гальмівному вантажі;

t_2 — тривалість другого ступеня гальмування.

Дію робочого гальмування забезпечує перша ступінь попереднього гальмування. Яке здійснюється з гальмівним моментом M_1 , невеликим холостим ходом t_0 , і гальмівним моментом другої ступені M_2 .

Таким чином, конструкція пневматичного гальма НКМЗ завдяки комбінованому гальмуванню дозволяє без значних динамічних напружень в підйомній системі здійснювати швидке запобіжне гальмування.

При цьому відсутня складання гальмівних зусиль робочого і запобіжного гальм (складання зусиль може привести до неприпустимого уповільнення системи).

Запобіжне гальмування може включатися під дією механічного захисту від перепідйому і перевищення швидкості.

Висновок. На основі порівняльного аналізу двох типів гальмівних систем, їх переваг та недоліків, виявлено, що використання барабанних гальм на шахтному обладнанні в підземних умовах більш доцільно, тому що вони краще захищені від бруду та вологи, та мають більший ресурс роботи, що є важливими факторами у цих умовах.

Дискові ж краще використовувати на поверхні, наприклад у підйомних машинах, тому що на них здійснюється більше навантаження, а завдяки тому що ці гальма краще охолоджуються, вони будуть менше перегріватися, тим самим забезпечувати надійну роботу.

Але той чи інший тип гальмівної системи, можливо використовувати, як на поверхні так і під землею, в залежності від навантаження на нього, конструкції, та проектної вартості.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. http://www.autoinfosite.ru/articles_diskovye_i_barabannye_tormoza.html#ixzz4cGpzza20
2. <http://vde.nmu.org.ua/ua/science/ntz/archive/73/16.pdf>
3. Траубе Е. С. Тормозные устройства и безопасность шахтных подъемных машин / Е. С. Траубе, И. С. Найденко // – М. : Недра, 1980, – 256 с.
4. Белобров В. И. Динамика, нагрев и износ тормозов шахтных подъемных машин / В. И. Белобров // – К. : Наукова думка., 1981. – 198 с

5. Белобров В. И. Тормозные системы шахтных подъемных машин / В. И. Белобров, В. Ф. Абрамовский, В. И. Самуся // – К.: Наукова думка., 1990, – 172

6. А. с. № 763229 СССР, МКИ В 66 В 1/32 / Способ предохранительного торможения шахтного подъемника и устройство для его осуществления / А. Н. Шатило // Открытия. Изобретения. - 1980.

С. Н. Зиновьев (канд. техн. наук, доц.),

Индустриальный институт ДВНЗ«Донецкий национальный технический университет»

И. В. Придатыко (ст. преп.),

Индустриальный институт ДВНЗ«Донецкий национальный технический университет»

С. В. Пономарев,

Индустриальный институт ДВНЗ«Донецкий национальный технический университет»

С. В. Рева

Индустриальный институт ДВНЗ«Донецкий национальный технический университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ТОРМОЗОВ В ПОДЪЕМНОМ ОБОРУДОВАНИИ

Аннотация: В данной статье описывается проведенное исследование использования отдельных типов тормозов и их целесообразность в наземном и подземном оборудовании. Выполняется анализ и сравнение дисковых и барабанных тормозных установок на шахтном предприятии.

Ключевые слова: дисковые тормоза, барабанные тормоза, колодки, диск, подъемные машины, тормозные системы, исполнительные органы, аварийное торможение.

S. Zinoviev (Ph.D., Associate Professor),

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

I. Pridatko (Senior Teacher),

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

S. Ponomarev,

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

O. Reva

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

INVESTIGATION OF THE USE OF VARIOUS TYPES OF BRAKES IN LIFTING EQUIPMENT

Annotation: This article describes the research carried out on the use of certain types of brakes and their feasibility in ground and underground equipment. The analysis and comparison of disk and drum braking installations at the mine enterprise is carried out.

Key words: disc brakes, drum brakes, pads, disc, lifting machines, brake systems, executive bodies, emergency braking.

С. Р. Ильин (канд. техн. наук., доц.),
ГВУЗ «Национальный горный университет»

Е. С. Олейник
ГВУЗ «Национальный горный университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТКЛОНЯЮЩЕГО ШКИВА БАРАБАННОГО ТИПА С УПРУГОЙ ФУТЕРОВКОЙ ВЕДУЩИХ ЖЕЛОБОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАТЯЖЕНИЙ КАНАТОВ МНОГОКАНАТНОЙ ПОДЪЁМНОЙ УСТАНОВКИ

Аннотация: В данной статье рассматривается проблема выравнивания распределения натяжений между канатами многоканатных подъёмных установок, которая является одной из самых актуальных для обеспечения их надёжной и безаварийной работы. Было выполнено исследование разбаланса натяжений между канатами в отвесах и струне для четырёхканатной подъёмной установки угольного подъёма шахты им. Героев Космоса ЗАО «Павлоградуголь» и приведены результаты расчета отклонений длин, натяжений канатов и значений K -критерия для обоих шкивов при различных параметрах.

Ключевые слова: разбаланс натяжений, многоканатная подъёмная установка, методика, отклонения, отклоняющий шкив, канат, графики

Постановка проблемы. Проблема выравнивания распределения натяжений между канатами многоканатных подъёмных установок является одной из самых актуальных для обеспечения их надёжной и безаварийной работы.

Анализ предыдущих исследований. В таких установках разбаланс натяжений и длин канатов на участках отвесов описывается известной математической моделью [1], на базе которой разработана методика института имени М. М. Фёдорова регулировки длин канатов и радиусов желобов ведущего шкива, разработаны нормативы на допустимые отклонения натяжений канатов [2].

Цель статьи. Целью статьи можно установить определение для условий конкретной подъёмной установки предельно допустимых отклонений радиусов желобов отклоняющего шкива по критерию нескольжения по отклоняющему шкиву в условиях гарантированного непроскальзывания по ведущему шкиву.

Изложение основного материала исследования. Повышенный разбаланс натяжений самым негативным образом сказывается на долговечности работы канатов, сроке эксплуатации футеровки шкивов, устойчивости движения подъёмных сосудов в проводниках армировки жёсткого и упругого типов.

Традиционные типы подъёмных установок содержат один многоканатный ведущий шкив и блок отдельных отклоняющих шкивов под каждый канат. В таких установках разбаланс натяжений и длин канатов на участках отвесов описывается известной математической моделью [1], на базе которой разработана методика института имени М. М. Фёдорова регулировки длин канатов и радиусов желобов ведущего шкива, разработаны нормативы на допустимые отклонения натяжений канатов [2]. В соответствие с этими нормативами допускается максимальное отклонение натяжений канатов от среднего значения не более 15% при нижнем положении сосудов и 25% при верхнем положении.

Практикой установлено, что если при эксплуатации обеспечивать разбаланс натяжений канатов не более 5%, то срок службы канатов увеличивается до двух раз. В отечественных условиях контроль натяжений канатов осуществляется еженедельно волновым или частотным методами в соответствии с методикой института им. М. М. Фёдорова. За рубежом применяются электронные системы непрерывного контроля натяжений, содержащие встроенные в подвесное устройство датчики натяжений и радиосистему передачи данных на пульт управления машины. В случае превышения отклонений усилий выше установленных

нормативов (10% и 20% соответственно) системы подают сигнал машинисту о необходимости регулировки радиусов шкивов и длин канатов. За счёт этого удалось повысить срок службы канатов до 80%.

В порядке модернизации конструкций подъёмных установок вместо блока отдельных отклоняющих шкивов начали применять цельные отклоняющие шкивы барабанного типа. Схема установки показана на рис.1.

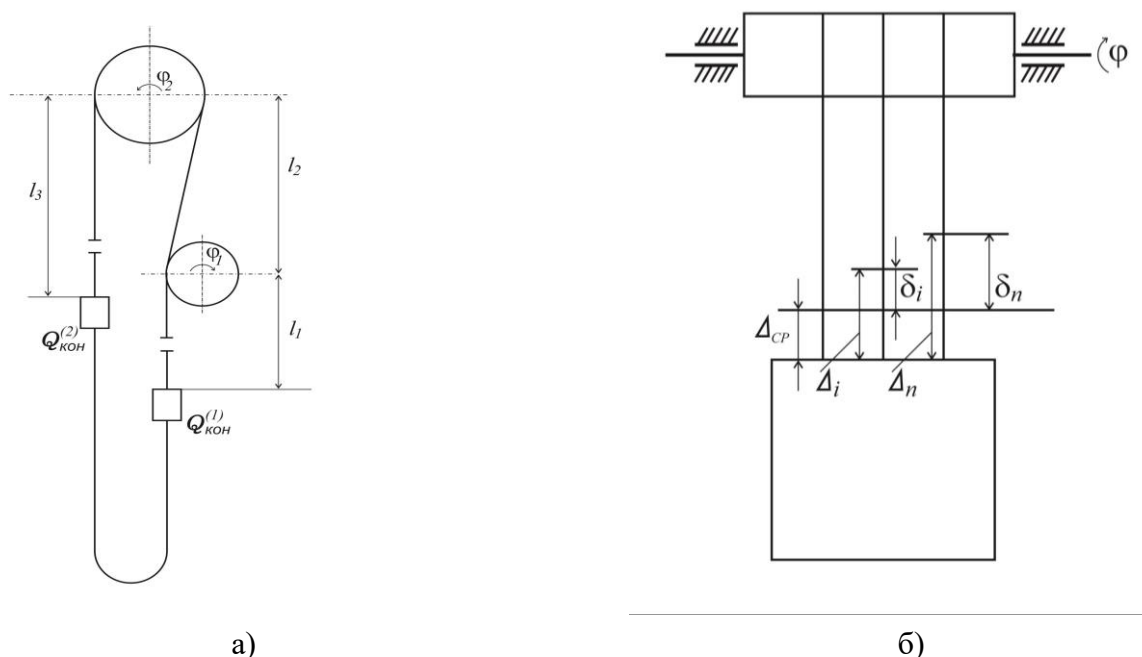


Рисунок 1 – Схема подъёмной установки (а);
расчетная схема отклонений длин канатов в отвесе (б)

Появление в линии канатной передачи дополнительного многоканатного шкива существенно изменило схему кинематического взаимодействия шкивов с пакетом канатов. Между шкивами появился дополнительный короткий промежуточный участок, разбаланс усилий канатов на котором начал формироваться под воздействием двух не зависящих друг от друга многоканатных шкивов. При подъёме сосуда со стороны отклоняющего шкива разбаланс длин канатов, сформировавшийся в участке отвеса длиной 500-1500 м, полностью переходит в короткий участок струны между шкивами длиной 5-10 м.

В соответствии с законом Гука отклонение натяжений каната при одном и том же отклонении упругих удлинений обратно пропорционально его длине. Так как длина струны намного меньше длины отвеса, соответственно отклонение упругого удлинения каната, перешедшее из длинного отвеса в короткую струну, формирует в ней тем большее отклонение натяжений, чем струна короче отвеса.

В свою очередь ведущий шкив формирует в струне отклонения натяжений, которые определяются картиной распределения на нём радиусов его желобов. Происходит суперпозиция влияния отклонений радиусов на обоих шкивах в коротком участке струны на отклонения натяжений канатов. В настоящее время отсутствуют методики расчета отклонений длин канатов и радиусов шкивов в установках такого типа, а также исследования этого процесса в достаточном объёме.

Математическая модель, описывающая распределения натяжений между канатами в подъёмной установке с отклоняющим шкивом барабанного типа получена в работе [3].

$$\begin{aligned}
\frac{d\tilde{\delta}_i^{(1)}}{d\varphi_1} + F_{11}(\varphi_1)\tilde{\delta}_i^{(1)} &= G_1; \\
\frac{d\tilde{\delta}_i^{(2)}}{d\varphi_1} + F_{21}(\varphi_1)\tilde{\delta}_i^{(1)} + F_{22}(l_2)\tilde{\delta}_i^{(2)} &= G_2; \\
\frac{d\tilde{\delta}_i^{(3)}}{d\varphi_1} + F_{32}(l_2)\tilde{\delta}_i^{(2)} &= G_3;
\end{aligned}
\tag{1}$$

где

$$\begin{aligned}
F_{11} &= \frac{EF\mu_1 + R_{cp}^{(1)}}{l_1^0 - R_{cp}^{(1)}\varphi_1}; & G_1^{(1)} &= \Delta R_i^{(1)}; \\
F_{21} &= -\frac{EF\mu_1 + R_{cp}^{(1)}}{l_1^0 - R_{cp}^{(1)}\varphi_1}; & F_{22} &= \frac{(EF\mu_2 + R_{cp}^{(2)})R_{cp1}^{(1)}}{l_2 R_{cp}^{(2)}}; \\
G_2 &= \Delta R_i^{(2)} \frac{R_{cp}^{(1)}}{R_{cp}^{(2)}} - \Delta R_i^{(1)}; & F_{32} &= -F_{22};
\end{aligned}
\tag{2}$$

$\delta^{(1)}, \delta^{(2)}, \delta^{(3)}$ – отклонение длин канатов от среднего соответственно на участках отвеса l_1 , струны l_2 и отвеса l_3 ;

μ_1 и μ_2 – упругости футеровки отклоняющего и ведущего шкивов;

$\Delta R^{(1)}$ и $\Delta R^{(2)}$ – отклонения радиусов от среднего желобов шкива I и ведущего шкива II;

$\Delta R_{cp}^{(1)}$ и $\Delta R_{cp}^{(2)}$ – радиусы отклоняющего и ведущего шкивов;

φ_1 – угол поворота отклоняющего шкива;

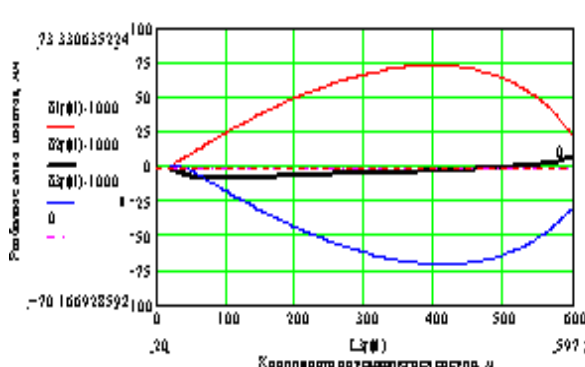
l_1^0 – длина отвеса со стороны отклоняющего шкива.

Выполним исследование разбаланса натяжений между канатами в отвесах и струне для четырёхканатной подъёмной установки угольного подъёма шахты им. Героев Космоса ЗАО «Павлоградуголь».

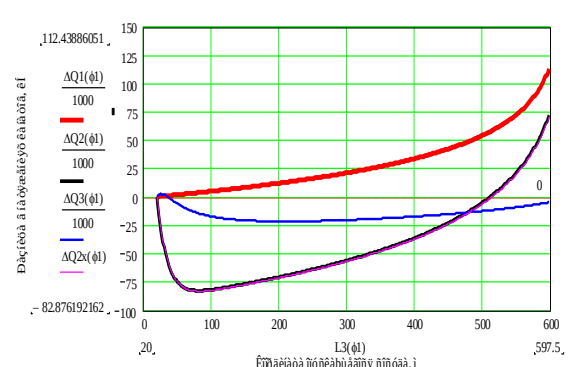
Число канатов $n=4$; масса порожнего скипа $Q_{sk}=37700$ кг; масса полезного груза $Q_{gr}=26000$ кг; длина отвеса со стороны отклоняющего шкива $L1=588$ м; длина струны $L2=10$ м; длина отвеса со стороны ведущего шкива $L3=598$ м; расстояние от скипа в разгрузке до отклоняющего шкива $h=10$ м. Радиальная податливость футеровки ведущего шкива $\mu_2=0$; отклоняющего шкива $\mu_1=1.25 \cdot 10^{-7}$ м/Н; $\Delta R=\pm 0.5$ мм; $R_2=2.5$ м; $R_1=1.5$ м.

На рис.2 приведены результаты численного решения системы уравнений (1) и расчета отклонений длин, натяжений канатов и значений К-критерия для обоих шкивов в цикле подъема груза со стороны отклоняющего шкива при следующих параметрах:

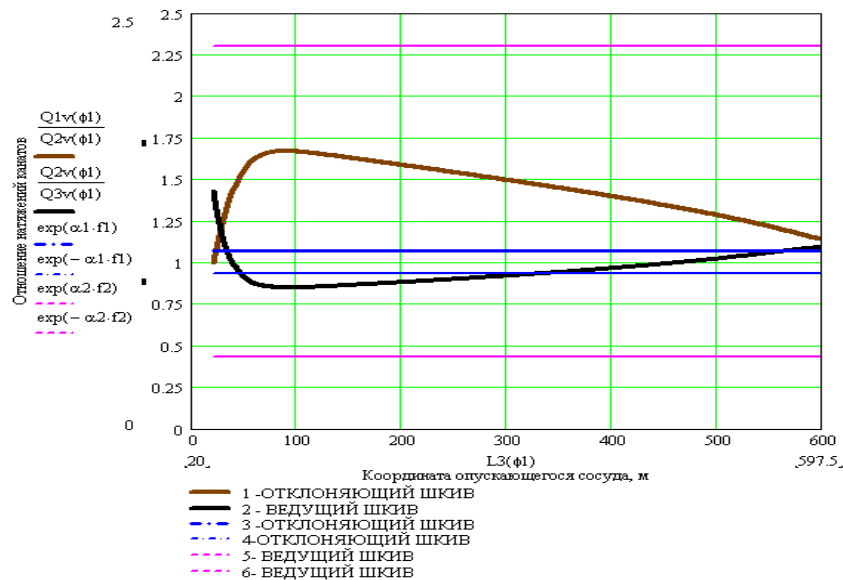
$$\Delta R1 = +0.5 \text{ мм}; \Delta R2 = +0.5 \text{ мм}; \mu_1 = 0; \mu_2 = 0$$



а)



б)

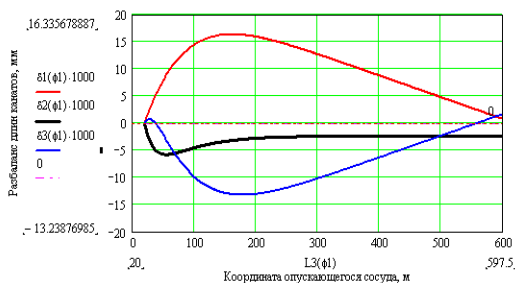


в)

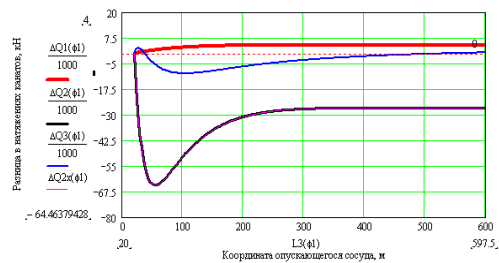
Рисунок 2 – Отклонения длин (а): натяжений (б) канатов; значений K -критерия для отклоняющего и ведущего шкивов

Графики показывают, что при абсолютно жестких футеровках на обоих шкивах без учета эффекта пробуксовки канатов по шкивам отклонения длин достигают ± 75 мм; отклонения натяжений $+112$ кН и -25 кН в отвесах и -82 кН в струне. При таких параметрах пробуксовки канатов по ведущему шкиву не будет происходить, а по отклоняющему шкиву будет происходить пробуксовка на протяжении всего цикла подъема.

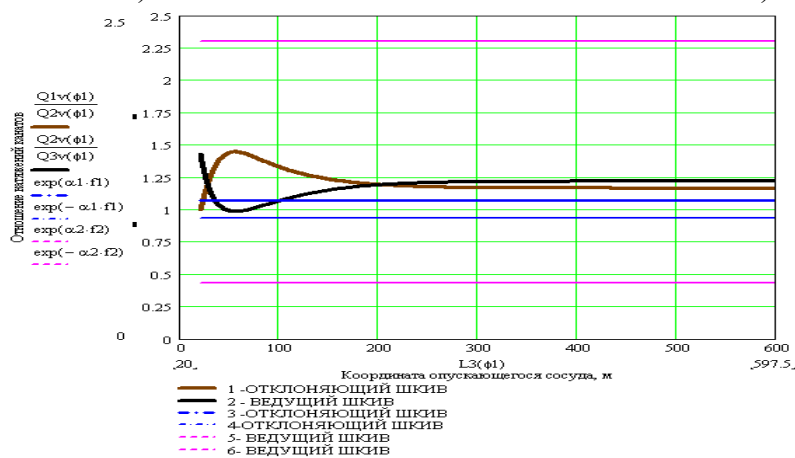
Рассмотрим вариант упругой футеровки отклоняющего шкива: $\Delta R1 = +0.5$ мм; $\Delta R2 = +0.5$ мм; $\mu1 = 1.25 \cdot 10^{-7}$ м/Н; $\mu2 = 0$



а)



б)



в)

Рисунок 3 – Отклонения длин (а): натяжений (б) канатов; значений K -критерия для отклоняющего и ведущего шкивов

Результаты расчета показывают, что при упругой футеровке отклонения длин снизились на всех участках до 5 раз, отклонения натяжений не превышают в отвесах +4 кН - 10 кН, в струне -64 кН. По значению К - критерия пробуксовки по ведущему шкиву не будет, но по отклоняющему шкиву пробуксовка будет происходить на всем цикле подъема, кроме начального участка движения. Однако амплитуда отклонения К- критерия от допустимых пределов снизилась в 1.4 раза.

Рассмотрим вариант упругой футеровки отклоняющего шкива с отклонениями радиусов, уменьшенными до 0.1 мм: $\Delta R1 = +0.1 \text{ мм}$; $\Delta R2 = +0.5 \text{ мм}$; $\mu1 = 1.25 \cdot 10^{-7} \text{ м/Н}$; $\mu2 = 0$

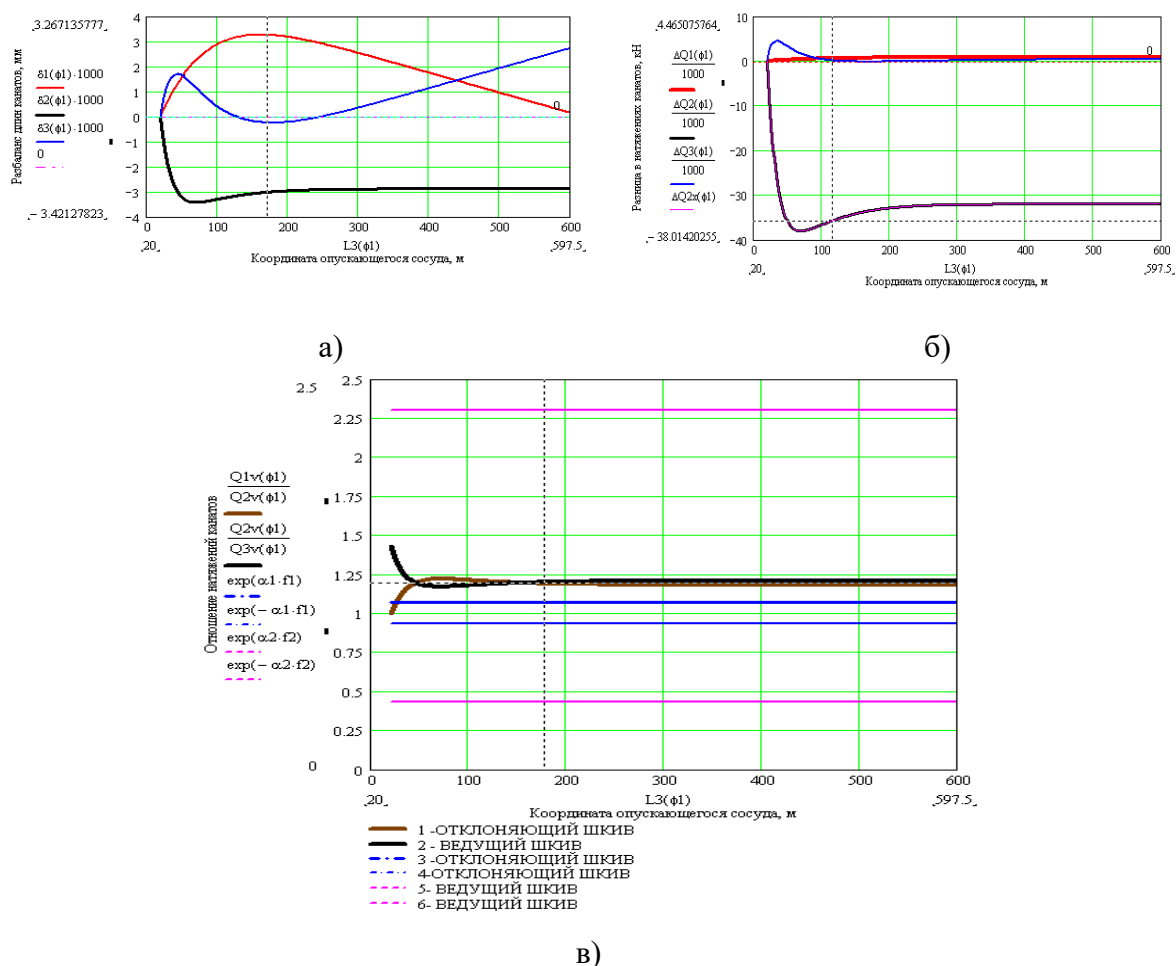
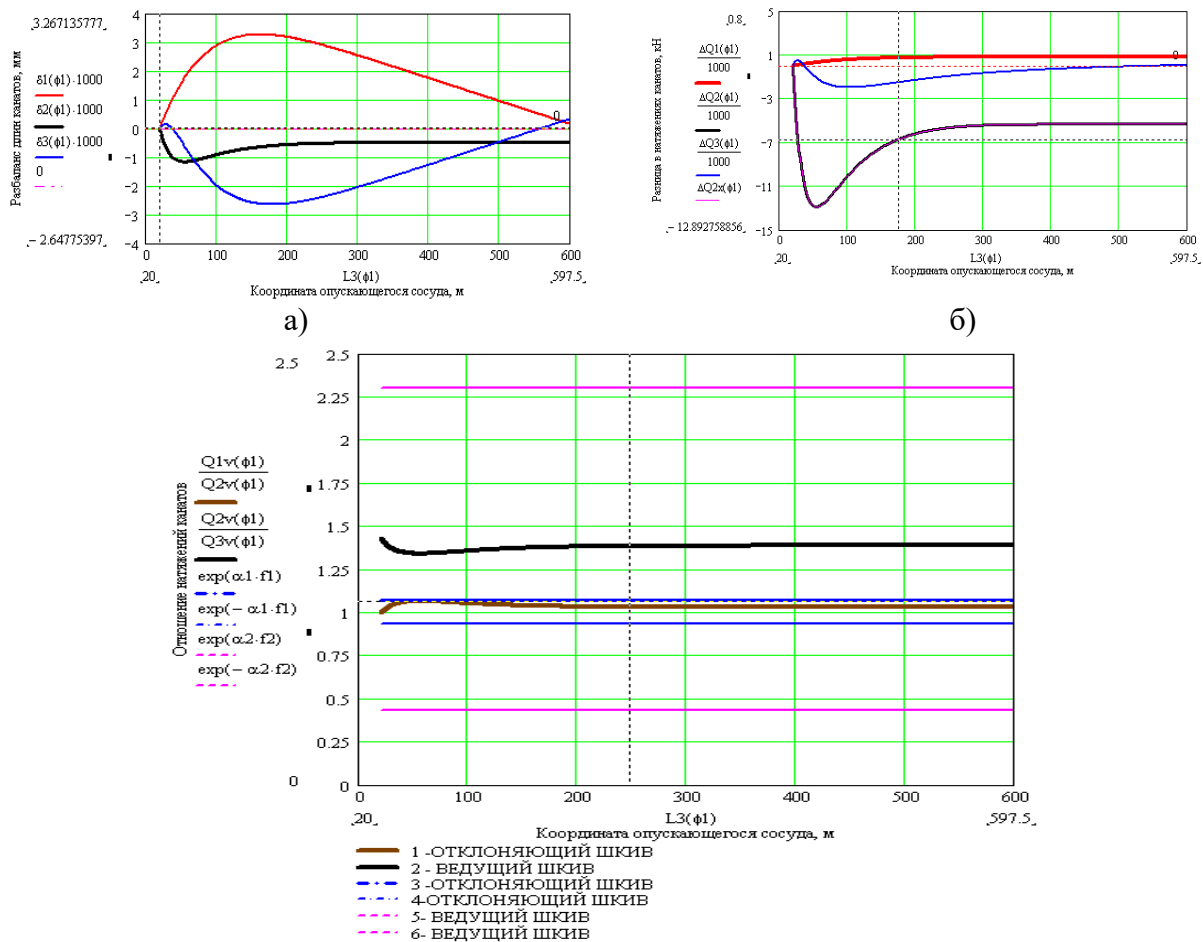


Рисунок 4 – Отклонения длин (а): натяжений (б) канатов; значений К-критерия для отклоняющего и ведущего шкивов

Из рис. 4 видно, что отклонения длин в струне и отвесах значительно уменьшились и остаются практически постоянными во время всего подъема. Однако по-прежнему происходит пробуксовка каната по отклоняющему шкиву в течение всего цикла подъема.

Рассмотрим вариант упругой футеровки отклоняющего шкива с отклонениями радиусов на обоих шкивах, уменьшенными до 0.1 мм: $\Delta R1 = +0.1 \text{ мм}$; $\Delta R2 = +0.1 \text{ мм}$; $\mu1 = 1.25 \cdot 10^{-7} \text{ м/Н}$; $\mu2 = 0$

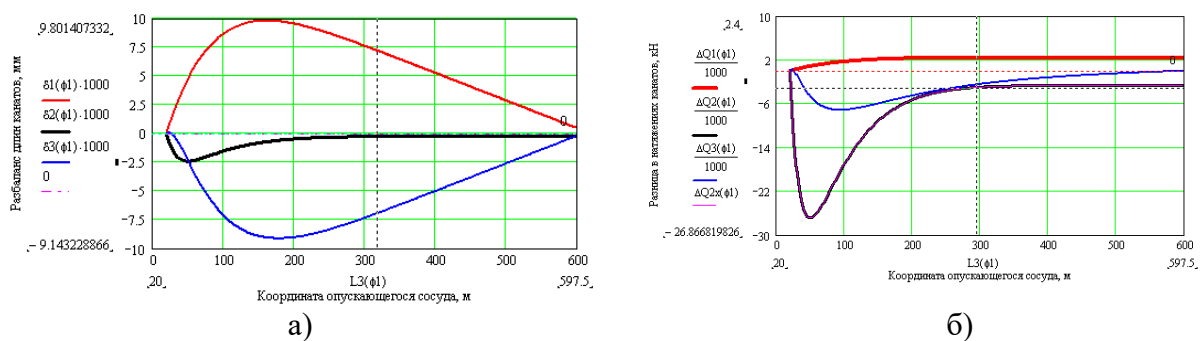
Графики на рис. 5 показывают, что снижение отклонений радиусов на обоих шкивах в сочетании с упругой футеровкой отклоняющего шкива полностью обеспечивают эффект нескольжения канатов по отклоняющему и ведущему шкивам в самом неблагоприятном сочетании отклонений радиусов желобов на двух шкивах противоположных знаков.

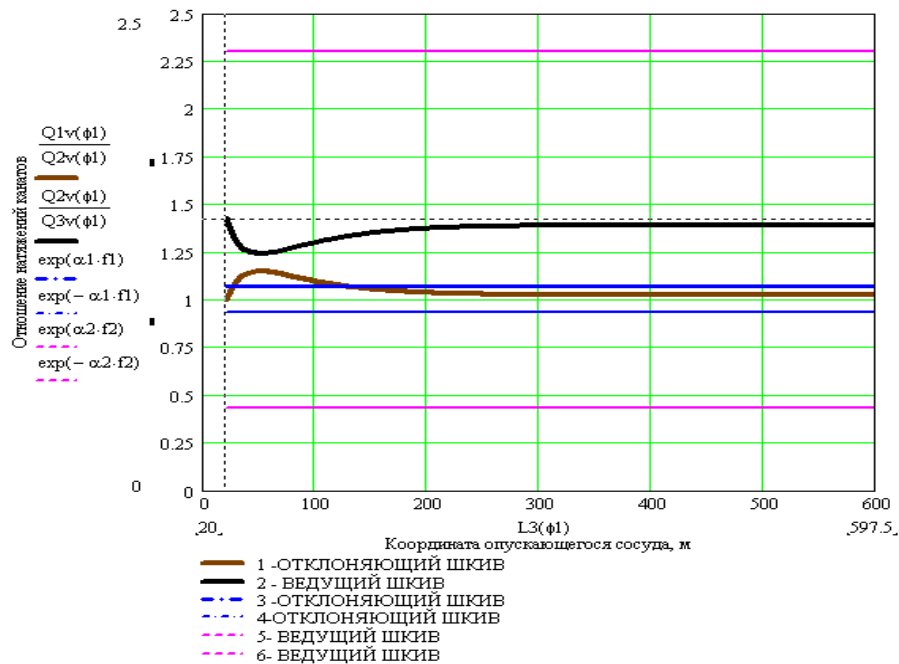


в)

Рисунок 5 – Отклонения длин (а): натяжений (б) канатов; значений K -критерия для отклоняющего и ведущего шкивов

Определим предельно допустимый уровень отклонения радиусов желобов на отклоняющем шкиве с упругой футеровкой по критерию отсутствия пробуксовки. Рассмотрим вариант упругой футеровки отклоняющего шкива с отклонениями радиусов на обоих шкивах, уменьшенными до 0.1 мм: $\Delta R1 = +0.3 \text{ мм}$; $\Delta R2 = +0.1 \text{ мм}$; $\mu 1 = 1.25 \cdot 10^{-7} \text{ м/Н}$; $\mu 2 = 0$.





в)

Рисунок 6 – Отклонения длин (а): натяжений (б) канатов; значений K -критерия для отклоняющего и ведущего шкивов

Из рис. 6 видно, что при трехкратном превышении отклонений радиусов на отклоняющем шкиве по сравнению с ведущим, при угле обхвата отклоняющего шкива 11 градусов, пробуксовка каната по отклоняющему шкиву будет происходить только в начальный период движения сосудов до глубины -112 м.

Выводы. Из указанного выше можно сделать следующие выводы:

1) в подъемных установках с 2-мя барабанными шкивами короткий участок струны между ними является основным звеном накопления повышенных отклонений натяжений канатов, что создает условия для постоянного длительного проскальзывания канатов по отклоняющему шкиву.

2) применение упругой футеровки на отклоняющем шкиве позволяет значительно снизить разбаланс натяжений канатов в струне и улучшить условия нескольжения канатов по отклоняющему шкиву.

3) при наличии упругой футеровки можно обеспечить нескольжения канатов по отклоняющему шкиву при отклонениях радиусов желобов в несколько раз больших, чем на ведущем шкиве с жесткой футеровкой.

4) проведенные исследования позволяют для условий конкретной подъемной установки определить предельно допустимые отклонения радиусов желобов отклоняющего шкива по критерию нескольжения по отклоняющему шкиву в условиях гарантированного непроскальзывания по ведущему шкиву.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нестеров П.П. и др. Безуравнительный многоканатный подъём / Киев. Гостехиздат, - 1963. – 475 с.
2. Руководство по контролю и регулировке распределения нагрузки между головными канатами многоканатных подъемных установок. РТМ 07.015-82. / Минуглепром СССР. ВНИГМ им. М.М. Федорова. Донецк. – 1983. 39 с.
3. Белобров В.И. Динамика шахтных подъёмных установок / В.И. Белобров В.И. Дзензерский, В.И Самуся, С.Р.Ильин. // Изд. Днепропетровского университета. Днепропетровск. -2000 – 380с.

С. Р. Ільїн (канд. техн. наук., доц.),
ДВНЗ «Національний гірничий університет»
Є. С. Олійник
ДВНЗ «Національний гірничий університет»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІДХИЛЬНОГО ШКІВА БАРАБАННОГО ТИПУ З ПРУЖНИМ ФУТЕРУВАННЯМ ВЕДУЧИХ ЖОЛОБІВ НА РОЗПОДІЛЕННЯ НАТЯГІВ КАНАТІВ БАГАТОКАНАТНОЇ ПОДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ

Анотація: В цій статті розглядається проблема вирівнювання розподілення натягів між канатами багатоканатних підйомних установок, яка є однією з найактуальніших для забезпечення їхньої надійної та безаварійної роботи. Було виконано дослідження розбалансу натягів між канатами у висках та струні для чотирьохканатної підйомної установки вугільного підйому шахти ім. Героїв Космосу ЗАТ «Павлоградвугілля» та приведені результати розрахунку відхилень довжин, натягів канатів та значень К-критерію для обох шківів при різних параметрах розбігу діаметрів їх жолобів.

Ключові слова: багатоканатна підйомна установка, відхилення натягів канатів, моноблоковий відхиляючий шків, прослизання канатів.

S. G. Ilyin (Ph.D. tech. Sciences., Assoc.),
SHEI "National mining University"
Is. Sergey Oleynik
SHEI "National mining University"

A STUDY OF THE INFLUENCE OF DEVIANT PULLEY DRUM WITH ELASTIC POTERYANNYM LEADING GUTTERS ON THE ROPE TENSION MULTIROPE MINING HOIST

Annotation: This article considers the problem of equalizing the distribution of tension between the ropes multiple hoisting units, which is one of the most important to ensure their reliable and trouble-free operation. A study was made of the unbalance of the tension between the ropes in the temples and the string for multirope mine hoist "Geroyev Kosmosa" "Pavlogradugol" and the results of calculation of the deviations of the lengths and ropes tension. Was examined the dependence of the terms slides ropes on pulleys depending on the difference of the diameters of the gutters.

Key words: multirope mining hoist, deviation of ropes tension, monoblock pulley, slippage of the ropes.

УДК 622.673.1

С. Р. Ильин (канд. техн. наук, доц.),
ИГТМ им. Полякова НАН Украины

В. И. Василькевич,
ПАО «НИИГМ им. М.М. Федорова», Киевский филиал

В. Дубинин
ПАО «НИИГМ им. М.М. Федорова», Киевский филиал

ПРОБЛЕМЫ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ БАШМАКОВ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ СОСУДОВ С ЦЕЛЬНОКАТАНЫМИ КОРОБЧАТЫМИ ПРОВОДНИКАМИ ЖЕСТКОЙ АРМИРОВКИ СТВОЛОВ

Аннотация. Современные средства производства позволяют изготовить цельнокатаный проводник без сварных швов, но имеющий закругления на углах. Закругления

на углах проводника снижает площадь контакта боковых поверхностей башмака с проводником. В статье рассмотрена и проанализирована целесообразность использования цельнокатаных коробчатых проводников вместо сварных коробчатых проводников с учетом имеющегося динамического прогиба проводников при взаимодействии с подъемным сосудом.

Ключевые слова: жесткая армировка, коробчатый проводник, цельнокатаный проводник, радиус закругления проводника, система «сосуд-армировка», динамический прогиб проводника, допустимая скорость движения сосуда.

Постановка проблемы. Шахтные стволы с жесткой армировкой применяют в качестве коробчатых проводников сварную конструкцию, изготовленную, как правило, из двух уголков. Главный недостаток такого исполнения - сварной шов, который является концентратором напряжений, что в процессе эксплуатации приводит к появлению в нем трещин, а в дальнейшем и к раскрытию сварного шва. В последнее время на многих предприятиях рассматривается вопрос установки цельнокатаных проводников. Однако их применение не всегда возможно из-за наличия закруглений на углах поперечного сечения, что непосредственно влияет на кинематику взаимодействия системы «сосуд-армировка».

Цель статьи. Целью данной работы является определение прогнозных динамических параметров системы «сосуд-армировка» в условиях применения альтернативных типов проводников цельнокатаного типа. Данная задача никогда раньше не ставилась в рамках научных исследований по шахтному подъему, так как этот тип проводников появился в практике ремонтных работ армировки вертикальных стволов только в последнее время.

Изложение основного материала исследования. Главной особенностью, ограничивающей возможность применения цельнокатаного квадратного профиля в качестве проводников жесткой армировки вертикальных стволов, является наличие закруглений на боковых ребрах проводников, уменьшающих эффективную площадь контакта плоских граней предохранительных башмаков подъемных сосудов с боковыми гранями проводников. Закругления боковых ребер снижают коэффициент зацепления системы противостоящих башмаков сосуда с проводниками в условиях местных уширений колеи и увеличивают контактные напряжения по рабочим поверхностям кинематической пары «башмак-проводник». Повышенные лобовые и боковые динамические нагрузки, вызванные искривлениями профилей проводников при длительной эксплуатации, в условиях уменьшенной эффективной площади контакта с башмаками приводят к интенсивному истиранию боковых и лобовых граней проводников, создают условия для выхода башмаков из зацепления с боковыми гранями проводников.

Кроме того, различия в типах металла, из которых изготавливаются сварные и цельнокатаные проводники, требует изучения способности катанных проводников противостоять постоянным ударноциклическим знакопеременным нагрузкам со стороны подъемных сосудов при длительной эксплуатации

В качестве примера рассмотрим одну из современных схем яруса жесткой армировки вертикального ствола с двумя двухскиповыми и одним одноконцевым клетевым подъемами (рис.1). Для аналитических расчетов был взят один из скиповых подъемов со следующими принятыми параметрами: масса груженого скипа – $m = 50000$ кг, рабочая скорость движения скипа – $V = 10,0$ м/с, тип рабочих направляющих – ролики/предохранительные жесткие башмаки скольжения, расстояние по вертикали между направляющими скипа $L = 12,7$ м, расстрелы – коробчатая балка сечением $230 \times 180 \times 14$ мм; ширина колеи – $S = 1,84$ м.

Расчеты по оценке работоспособности армировки и определению допустимых износов проводников и расстрелов по условию динамического взаимодействия подъемных сосудов и армировки включают:

- определение геометрических и инерциальных характеристик расстрелов и проводников при различных уровнях их износа;
- определение жесткостных характеристик расстрельных балок;

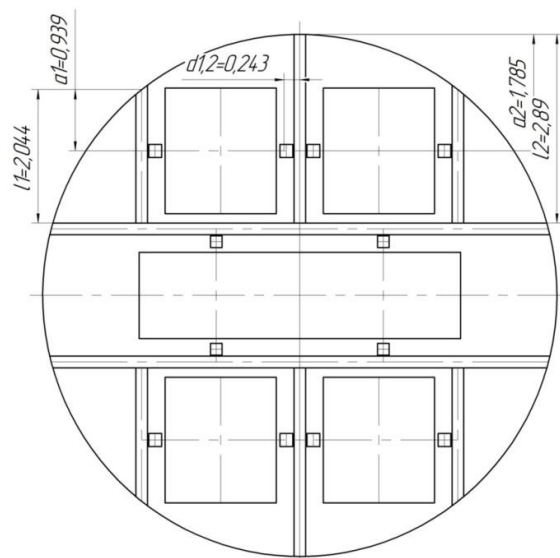


Рисунок 1 – Схема яруса жесткой армировки

- проверочные расчеты системы «сосуд–армирование» по условиям динамической устойчивости движения сосудов, кинематической связи их башмаков с проводниками и прочности элементов армировки;

- определение допустимых износов проводников и расстрелов.

Расчеты выполнялись для проводников сварного типа 200x200x14мм при нулевом износе и при износе 50% от первоначально толщины стенки проводника. Так же для полного анализа варьировался шаг армировки $h = 4,0; 4,5; \text{ и } 5,0$ м.

Согласно Методике [1] допустимая скорость движения груженого скипа V_i определяется как минимальное из пяти критериальных значений по устойчивости движения сосуда, прочности элементов армировки и кинематического зацепления в паре башмак-проводник. Результаты расчетов приведены в итоговых таблицах 1 и 2.

Как показывает опыт эксплуатации ряда стволов, основную нагрузку принимают на себя при динамических ударах (усилиях) не роликовые направляющие, а жесткие предохранительные башмаки. Поэтому целесообразно в расчете закладывать коэффициент для жестких башмаков. Ниже в табл. 1 приведены результаты расчета для жестких и упругих направляющих. Полученные результаты показывают, что при работе на жестких башмаках полученные скорости будут ниже, но так же будут обеспечивать заданную скорость движения сосуда без возникновения аварийных ситуаций. Все последующие расчеты также были выполнены для жестких башмаков.

Таблица 1 – Сварной проводник 200x200x14, шаг $h=4,5$ м

Тип направляющих	V_{i6}^L , м/с	Износ проводника $\delta_{пр}$, мм	
		0 мм	7 мм
Упругие	V_{y1}^L	16,61 м/с	15,91 м/с
	V_{y6}	38,03 м/с	32,08 м/с
	$V_{п6}$	24,15 м/с	20,34 м/с
	$V_{п1}^L$	20,85 м/с	18,10 м/с
	V_k	31,98 м/с	28,12 м/с
Жесткие	V_{y1}^L	14,12 м/с	13,52 м/с
	V_{y6}	32,33 м/с	27,27 м/с
	$V_{п6}$	20,54 м/с	17,29 м/с
	$V_{п1}^L$	17,73 м/с	15,39 м/с
	V_k	27,22 м/с	23,91 м/с

Из таблицы 2 видно, что при увеличении шага армировки допустимая скорость движения сосудов растет по условию устойчивости движения к лобовым колебаниям V_{y1}^L ,

которая в данном случае является главным критерием как минимально допустимая скорость движения. Увеличение шага может снизить металлоемкость армирования ствола, но решение по выбору шага армировки должно базироваться на условиях закрепления и типе крепи, удобстве монтажа и, главное, учитывать конструктивные особенности подъемного сосуда, в частности, расположение центра масс для обеспечения наиболее благоприятного динамического взаимодействия его с армировкой.

Таблица 2 – Сварной проводник 200х200х14

Шаг армировки, м	$V_{i\sigma}^I$, м/с	Износ проводника $\delta_{пр}$, мм	
		0 мм	7 мм
4,0	V_y^I	13,10 м/с	12,60 м/с
	V_{y6}	33,82 м/с	28,82 м/с
	$V_{п6}$	19,33 м/с	16,28 м/с
	$V_{п}^I$	16,64 м/с	14,45 м/с
	V_K	27,67 м/с	24,45 м/с
4,5	V_y^I	14,12 м/с	13,52 м/с
	V_{y6}	32,33 м/с	27,27 м/с
	$V_{п6}$	20,54 м/с	17,29 м/с
	$V_{п}^I$	17,73 м/с	15,39 м/с
	V_K	27,22 м/с	23,91 м/с
5,0	V_y^I	15,04 м/с	14,35 м/с
	V_{y6}	30,78 м/с	25,82 м/с
	$V_{п6}$	21,67 м/с	16,28 м/с
	$V_{п}^I$	18,75 м/с	18,21 м/с
	V_K	26,67 м/с	23,29 м/с

С увеличением шага армировки понижается ее жесткостные характеристики, что ведет к снижению допустимой скорости по условию кинематического зацепления в паре башмак-проводник V_K из-за роста значения динамического прогиба проводников в месте равноудаленном от смежных ярусов. Т.к. в последнее время наблюдается тенденция применения цельнокатаных проводники с закругленными углами при проектировании новых и реставрации действующих стволов или плановой замене старых проводников, критерий кинематического взаимодействия в паре башмак-проводник становится основным ограничивающим фактором допустимой скорости движения сосуда. В таком случае необходимо выполнять проверочный расчет армировки по кинематике на невыход сосуда из направляющих проводников.

Кинематическое взаимодействие подъемного сосуда с армировкой ствола при двухстороннем расположении проводников всех типов относительно сосуда требуют выполнения условия – обеспечение гарантированного перекрытия боковых поверхностей проводника контактирующими с ними поверхностями направляющих башмаков скольжения.

Невыполнение этого условия может привести к потере кинематической связи движущегося сосуда с проводниками, т.е. к аварийному выходу сосуда из проводников.

Из расчетной схемы, приведенной на рис. 2., условие запишется в виде следующего выражения [4, 5]:

$$(\delta_{np1}^I + \delta_{np2}^I) \leq h - 2\Delta_0 - \Delta_K - \delta_{\sigma}^I - [f^p] - \Pi, \quad (1)$$

где $(\delta_{np1}^I + \delta_{np2}^I)$ — износ лобовых поверхностей первого и второго проводников в одном сечении ствола (например, на ярусе); Δ_0 — первоначальный зазор на сторону в паре «башмак-проводник»; Δ_K — предельное отклонение ширины колеи проводников от номинального значения; $[f^p]$ — максимальный прогиб проводника в лобовом направлении под действием горизонтальной динамической нагрузки в точке контакта его с башмаком; Π — гарантированное перекрытие контактирующих боковых поверхностей башмака и проводника.

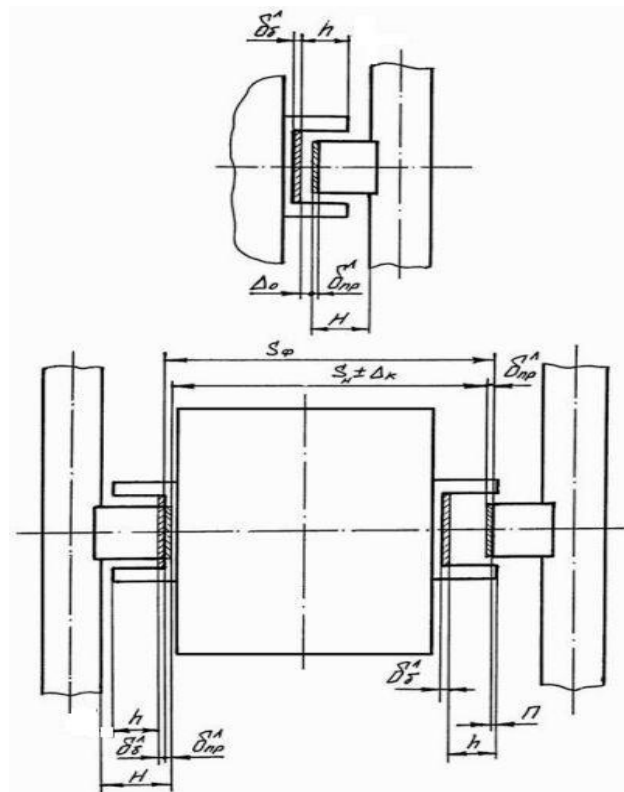


Рисунок 2 – Схема взаимодействия башмаков скольжения подъемного сосуда с двухсторонними коробчатыми проводниками

Эти неравенства не учитывают радиус закругления проводника и не могут применяться для расчета новых цельнокатаных проводников. С учетом закругления проводников неравенство примет следующий вид:

$$(\delta_{np1}^n + \delta_{np2}^n) \leq h - 2\Delta_0 - \Delta_k - \delta_{\delta}^n - [\rho^n] - \Pi - r, \quad (2)$$

где $(\delta_{np1}^n + \delta_{np2}^n) = 0$ для новых проводников; $h = 110 \text{ мм}$ – глубина зева предохранительных башмаков скольжения при их установке для проводников прямоугольного сечения [2,3]; $2\Delta_0 = 30 \text{ мм}$ – зазор на сторону в паре «башмак-проводник» [2,3]; $\delta_{\delta}^n = 8 \text{ мм}$ – износ башмака (вкладыша башмака) [2,3]; $\Delta_k = 24 \text{ мм}$ – максимальное уширение колеи; $[\rho^n]$ – расчетный допустимый прогиб проводника в лобовом направлении под действием горизонтальной динамической нагрузки в точке контакта его с башмаком; $\Pi = 5 \text{ мм}$ – гарантированное перекрытие контактирующих боковых поверхностей башмака и проводника; r – радиус закругления проводника, мм.

Так как при нулевых износах $(\delta_{np1}^n + \delta_{np2}^n) = 0$, а при максимально допустимом износе проводников сумма $(\delta_{np1}^n + \delta_{np2}^n)$ будет меньше радиуса закругления проводника равного трем толщинам проводника, слагаемым $(\delta_{np1}^n + \delta_{np2}^n)$ можно пренебречь. Таким образом, мы получаем:

$$[\rho^n] \leq h - 2\Delta_0 - \Delta_k - \delta_{\delta}^n - \Pi - r. \quad (3)$$

Для проверочного расчета по Методике [1] были взяты проводники из труб $\square 200 \times 200 \times 12,5 \text{ мм}$, $\square 200 \times 200 \times 14 \text{ мм}$ и $\square 200 \times 200 \times 16 \text{ мм}$ со скругленными углами при нулевом износе проводников и при износе 50% от первоначально толщины стенки проводника. Проводники с такими толщинами стенок являются наиболее применяемыми при армировании вертикальных стволов. В таблицах 3 приведены только скорости по условию кинематического зацепления, так как радиус закругления не оказывал существенного изменения площади сечения проводников и их инерциальных характеристик и, следовательно, практически не влиял на скорость подъема из условия динамического взаимодействия в системе «сосуд-армровка».

Таблица 3 – Расчетные скорости движения сосудов в цельнокатаных проводниках

Типоразмер проводника		Износ проводника $\delta_{пр}$, мм	
		0	$\frac{1}{2}$ толщины стенки
200x200x12,5	V _к	9,59 м/с	8,48 м/с
200x200x14		4,08 м/с	3,59 м/с
200x200x16*		4,22 м/с	3,71 м/с

Современные средства производства позволяют изготавливать трубы квадратного сечения с радиусом закругления, равным трем толщинам стенки трубы. Данное положение закреплено в соответствующих нормативных документах (ГОСТ, ДСТУ и т.п) стран СНГ и Евросоюза. Поэтому проводник 200x200x16 мм будет иметь слишком большой радиус закругления, что делает невозможным его применение. В таблице 3 приведены результаты расчета при условии ограничения износа направляющих башмаков $\delta_{пр} \leq 2$ мм. В принципе, все вышеуказанные проводники не могут обеспечить принятую для анализа проектную скорость подъема 10,0 м/с, то есть, их применение может стать причиной выхода сосуда из зацепления. Поэтому при любом проектировании следует учитывать, что цельнокатаные проводники могут быть аварийно-опасными и их применение требует проведения анализа и соответствующего расчета.

Для проводника 200x200x14 мм, как наиболее часто применяемому в вертикальных стволах с коробчатыми проводниками, было проведено исследование влияния параметров формы поперечного его сечения на величину минимально допустимого перекрытия боковыми гранями башмаков боковых плоскостей проводника по критерию выхода подъемного сосуда из зацепления в зависимости от действующих динамических нагрузок [6]. Под действием приложенного к подъемному сосуду усилия его рама с башмаками проворачивается (рис.3а) на некоторый угол и величина перекрытия на одном из башмаков уменьшается (рис.3б). Исследования проводились на примере системы «сосуд-армировка» со скипом типа СНМ 35-235-1,1 при шаге армировки 4,5 м. Полученная зависимость представлена на рис.4.

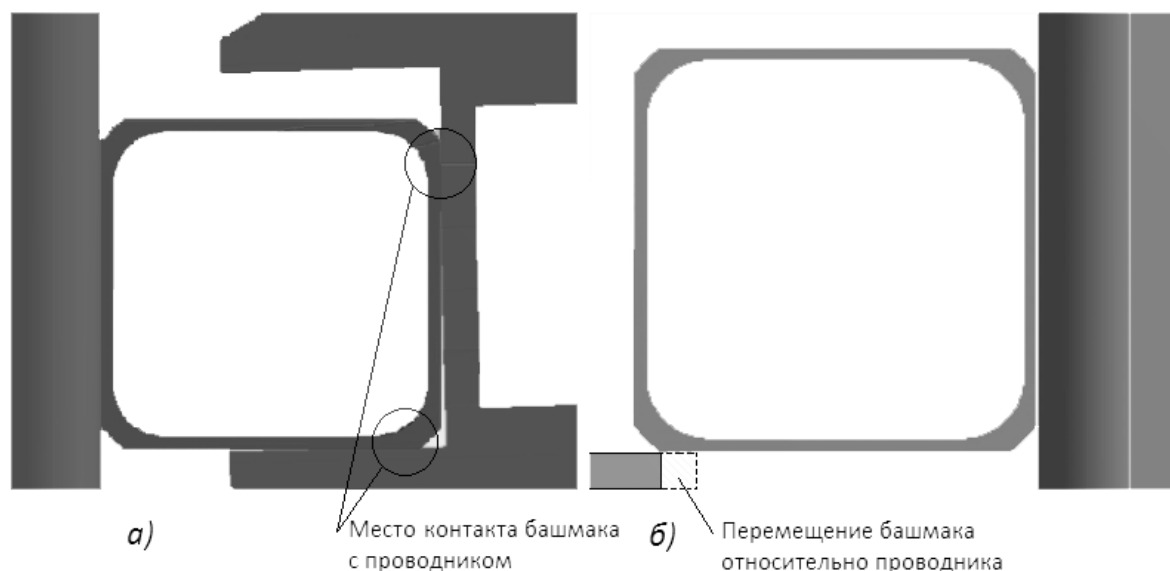


Рисунок 3 – Схема деформаций системы «сосуд-армировка»

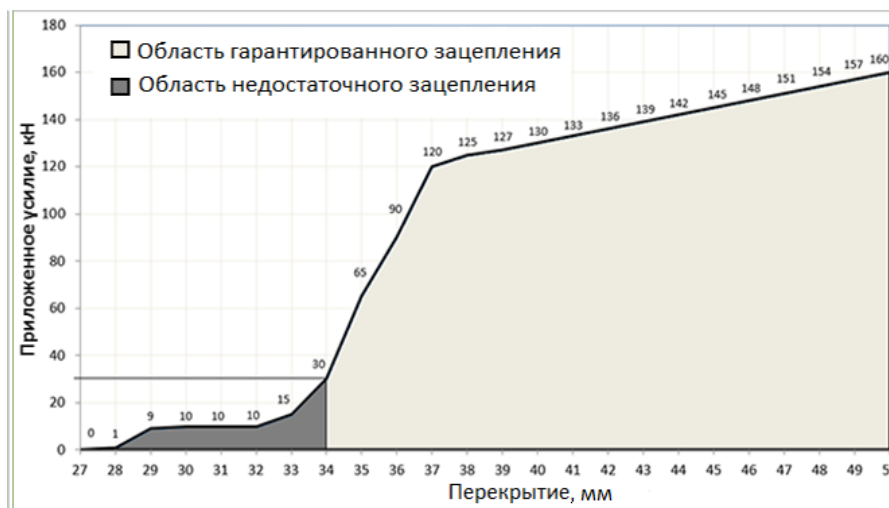


Рисунок 4 – График, определяющий зависимость между боковой нагрузкой и минимально допустимым перекрытием башмаком проводника по критерию выхода из зацепления

Из графика выше видно, что при радиусе закругления $r=42\text{мм}$ и нагрузке 30 кН величина минимально допустимого перекрытия равна 34 мм, а с ростом динамических нагрузок (скорости и грузоподъемности сосуда) его значение резко уходит вверх, т.е. зависимость «боковая нагрузка-перекрытие» имеет жесткий характер - малому приращению значения перекрытия соответствует большое приращение значения допустимой боковой силы. Также согласно выражению (3) увеличение толщины стенки проводника и соответственно увеличение радиуса закругления его ребер приводит к увеличению величины минимально допустимого перекрытия плоскими поверхностями башмаков боковых поверхностей коробчатых проводников. То есть, исследование с использованием компьютерного моделирования в системе ANSYS подтверждает ранее полученные результаты.

В перспективе усовершенствования производства цельнокатаных проводников, а именно уменьшения радиуса закругления, их широкое применение в вертикальных стволах станет возможным. Например, в табл. 4 приведены полученные расчетные скорости для проводников с такой же толщиной стенки, как и в табл.3, но теоретически уменьшенным радиусом закругления. Максимально допустимое закругление проводника выбиралось по критерию получения допустимой скорости по зацеплению более 10 м/с при максимальном износе проводника $\frac{1}{2}$ от первоначальной толщины его стенки [2,3].

Таблица 4 – Расчетные скорости движения сосудов в цельнокатаных проводниках с уменьшенными радиусами закругления

Типоразмер проводника, радиус закругления		Износ проводника $\delta_{\text{пр}}$, мм	
		0 мм	$\frac{1}{2}$ толщины стенки
200x200x12,5, $r=34\text{мм}$	Vк	11,75 м/с	10,38 м/с
200x200x14, $r=35\text{мм}$		11,53 м/с	10,14 м/с
200x200x16, $r=35\text{мм}$		11,94 м/с	10,48 м/с

Выводы.

1. Наличие радиуса закругления цельнокатаных проводников снижает область гарантированного перекрытия башмаком проводника и приводит к уменьшению допустимого динамического прогиба проводника и требует принятия дополнительных мер по сглаживанию профилей проводников и снижению динамических нагрузок на армировку.

2. Применение проводников с закругленными ребрами снижает допустимую скорость подъема по критерию кинематического взаимодействия системы «сосуд-армировка» в

обратной зависимости от величины радиуса закругления.

3. Целесообразность применения цельнокатаных проводников со скругленными ребрами должна определяться отдельно в каждом конкретном случае с учетом паспортных параметров ствола или подъема, реальной картины состояния профиля проводников и отклонений ширины колеи.

4. При эксплуатации шахтных подъемов следует учитывать, что для обеспечения гарантированного запаса по зацеплению расчетная допустимая нагрузка должна превышать фактическую на некоторую величину, обеспечивающую заданное значение параметра - «запас по зацеплению».

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методика расчета жестких армировок вертикальных стволов шахт. НИИГМ им. М.М. Федорова. Донецк, 1994г.
2. НПАОП 10.0-1.01-10. Правила безпеки у вугільних шахтах // Вид. «ФОРТ», Харків, 2010, 244с.
3. Правила безпеки під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин підземним способом. Київ, 2017. <http://zakon0.rada.gov.ua>.
4. Ильин С.Р., Соломенцев К.А., Василькевич В.И. Анализ влияния формы сечения коробчатых проводников жесткой армировки шахтных стволов на допустимую скорость движения подъемных сосудов // ИГТМ НАН Украины. Геотехническая механика. Межвед. Сб-к. науч. тр. Вып. 120, Днепропетровск. -2015 -С.265-275. <http://geotm.dp.ua>.
5. Ильин С.Р., Василькевич В.И. Анализ влияния геометрических параметров коробчатых проводников на динамические деформационно-прочностные характеристики армировки в условиях износа. Часть 1 // Горное оборудование и электромеханика № 9.- 2014.- С.21-27. <http://novtex.ru/gormash>.
6. Ильин С.Р., Дубинин М.В. Спектральный и деформационный анализ систем «сосуд - армировка» вертикальных стволов // ИГТМ НАН Украины. Геотехническая механика. Межвед. Сб-к. науч. тр., Вып. 122. – Днепропетровск, 2015. - С.157 – 186. <http://geotm.dp.ua>.

С. Р. Ільїн (канд. техн. наук., доц.),

ІГТМ ім. Полякова НАН України

В. І. Василькевич,

ПАТ «НДІГМ ім. М.М. Федорова», Київська філія

М. В. Дубінін

ПАТ «НДІГМ ім. М.М. Федорова», Київська філія

ПРОБЛЕМИ ЗАЧЕПЛЕННЯ ЗАПОБІЖНИХ БАШМАКІВ ШАХТНИХ ПІДЙОМНИХ ПОСУДИН З СУЦІЛЬНОКАТАНИМИ КОРОБЧАСТИМИ ПРОВІДНИКАМИ ЖОРСТКОГО АРМУВАННЯ СТВОВБУРІВ

Анотація. Сучасні засоби виробництва дозволяють виготовити суцільнокатаний провідник без зварювальних швів, але з закругленнями на кутах. Закруглення на кутах провідника зменшує площину контакту бічних поверхонь башмака з провідником. У статті розглянуто й проаналізовано доцільність використання суцільнокатаних коробчастих провідників замість зварних коробчастих провідників з урахуванням наявного динамічного прогину провідників під час взаємодії з підйомною посудиною.

Ключові слова: жорстке армування, коробчастий провідник, суцільнокатаний провідник, радіус закруглення провідника, система «посудина-армування», динамічний прогин провідника, допустима швидкість руху посудини.

S. R. Ilyin (Ph.D. tech. Sciences., Assoc.),
IGTM named by N.S. Polyakov NAS of Ukraine
V. I. Vasylykevych
RIMM named by M.M. Fedorov, Kyiv branch
M.V. Dubinin
RIMM named by M.M. Fedorov, Kyiv branch.

THE PROBLEMS OF CONNECTION OF LEADING SHOES OF MINE LIFTING VESSELS WITH SOLID-ROLLED BOX-TYPE CONDUCTORS OF RIGID SHAFT EQUIPMENT

Annotation. *Modern means of production make it possible to produce a solid-rolled conductor without welds, but having rounded corners. Rounding at the corners of the conductor reduces the contact area of the shoe's side surfaces with the conductor. The expediency of using solid-rolled box-type conductors instead of welded box-shaped conductors is considered and analyzed in the article, taking into account the existing dynamic deflection of conductors when interacting with the lifting vessel.*

Key words: *rigid shaft equipment, box-type conductor, solid-rolled conductor, radius of conductor's rounding, «vessel-shaft equipment» system, dynamic deflection of conductor, permissible speed of movement of the vessel.*

УДК 621.245.5

В. В. Калиниченко (канд. техн. наук),
Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

О. В. Михайленко
Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕРЛІФТНИХ УСТАНОВОК

Анотація: *в даній статті наведено стан та перспективи розвитку ерліфтних установок, визначені можливі шляхи підвищення енергетичної ефективності робочого процесу ерліфта для розширення області його застосування.*

Ключові слова: *ерліфтна установка, газорідинна суміш, піднімальна труба, газоміст, енергоефективність, снарядний режим.*

Актуальність проблеми. Енергозбереження за рахунок підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД), вибору раціональних схемних рішень і компоновання є одним із стратегічних напрямів розвитку ерліфтних установок, що забезпечує створення нових енергоефективних машин із застосуванням енергозбережних технологій. Ерліфти знаходять застосування в гірничій, енергетичній, будівельній і інших галузях промисловості завдяки ряду основних відомих переваг – значному терміну служби, можливості перекачування змінних по витраті припливів рідин (гідросумішей) без застосування засобів автоматичного регулювання, простоті конструктивного виконання, що не вимагає литва і механічної обробки при виготовленні. Мають місце і інші позитивні якості в пристрої і роботі загальнопромислових ерліфтних установок, які проявляються в конкретних технологічних умовах застосування. Проте розширення сфери застосування ерліфтів найчастіше стримується порівняно низькою енергетичною ефективністю при транспортуванні рідин і гідросумішей.

Відомо, що найбільш енергоефективно працює ерліфт зі снарядною структурою водоповітряного потоку в підйомній трубі, що характеризується періодичністю висхідного руху рідинних пробок і повітряних снарядів. Розрізняють розвинену і таку, що розвивається, снарядні структури газорідинних сумішей, в першій з яких газові снаряди мають відносно

строгу циліндричну форму і розділяються такими, що практично повністю займають поперечний переріз підйомної труби рідинними пробками. Підвищення енергетичної ефективності при роботі ерліфта з снарядною структурою водоповітряного потоку в підйомній трубі відчутно зменшується під час переходу розвинутої снарядної структури в ту, що розвивається, що обумовлено втратою періодичності руху газових снарядів і рідинних пробок, які на додаток руйнуються. Тому забезпечення стійкої роботи ерліфта з високо енергоефективною розвинутою снарядною структурою водоповітряного потоку в підйомній трубі є актуальним науковим завданням, рішення якого можливе шляхом розробки і дослідження повної математичної моделі робочого процесу ерліфта з розвинутою снарядною структурою водоповітряної суміші.

Метою даної роботи є визначення можливих шляхів підвищення енергетичної ефективності робочого процесу ерліфта за рахунок отримання снарядної структури водоповітряного потоку в його підйомній трубі.

Аналіз попередніх досліджень. Вивченням теорії робочих процесів, закономірностей утворення структур водоповітряної і газорідинної суміші, розробкою методики розрахунку ерліфтів, а також дослідженням способів підвищення енергетичної ефективності роботи газорідинних підйомників займалися П.П. Аргунов, А.А. Арманд і Е.І. Невструєв, А.П. Крилов, Б.К. Козлов, С.І. Костерін, В.С. Костанда, М.Г. Логвинов, Е.А. Кириченко, А.П. Кононенко й багато інших науковців. Компоненти двохфазної суміші можуть заповнювати обсяг підйомної труби як пофазно безупинно, так і з дискретним розподілом однієї фази в іншій. Звичайно розрізняють кілька характерних форм розподілу компонентів, названих формою плину або структурою потоку. Це різноманіття структур газорідинного потоку, коли розподіл однієї фази в іншій не має єдиної границі розділу, сильно утрудняє вибір надійних фізичних передумов для складання вихідних рівнянь, що описують рух суміші. Закони зміни основних гідравлічних характеристик – загального перепаду тиску, коефіцієнта опору, відносної швидкості, величини пульсації потоку і її частоти, – залежать від режиму роботи установки і від форми плину двохфазної рідини. Слід зазначити, що деякі автори у своїх роботах не розглядають режимів і форм руху суміші. Інші думають, що існує дві форми стану суміші, а саме: стан вспінювання і стан розпилення. Перший стан може існувати в тому випадку, коли обсяг рідини в суміші більше, ніж обсяг газу. Друге – коли рідина займає меншу частину обсягу, чим газ. Це підрозділ, не охоплюючи всього різноманіття форм плину суміші, є в значній мірі штучним. Більшість авторів у своїх роботах приділяють належну увагу структурі потоку газорідинної суміші. Аналіз літературних джерел і численні спостереження дають підставу зробити висновок, що при русі водоповітряної суміші в різних умовах можливі наступні структури:

1. пузиркова – газова фаза у виді окремих пухирців розподіляється усередині рідини, що займає основний обсяг труби. Для цієї структури газова фаза робить відносну піднімальну дію на рідку фазу. Коли кількість газового потоку збільшується, піднімальна дія стає більш виражена і структура наближається до стану зародження поршня;

2. снарядна (поршнева) – газова фаза утворює газові піднімальні поршні, що піднімають пробки рідини, тобто по трубі рухаються стовпчики рідини, що чергуються, і газу. Коли піднімається газовий поршень, довкола нього спостерігається значне прослизання рідини. Підвищення швидкості газу приводить до наповнення рідкого блоку невеликими газовими пухирцями, а також до збільшення довжини і швидкості проходження пробок. Додаткове підвищення швидкості газу приводить до руйнування поршневої структури і викликає перехід системи в наступну структуру;

3. чіточно-диспергована – частина рідини з центра перетину труби відкидається потоком газу до стінки, загальмовується і потім знову включається в загальний потік двохфазної суміші. Повітря в цьому режимі приймає перемінну пробко-дисперговану структуру. Аналогічному дробленню піддаються і пробки рідини. У процесі дроблення води і повітря між центральною зоною труби і її стінкою створюється зворотно-поступальний потік рідини, що рухається нагору;

4. осьова – суцільний потік газу з краплями рідини займає середню частину поперечного перетину труби. Уздовж стінки тонким шаром кільцеподібно рухається рідина.

Будь-яке наступне збільшення швидкості газу приведе до розрідження і стоншення рідкої плівки;

5. пилова – при високій швидкості газу практично вся рідина, за винятком невеликої кількості зносу, протікає кільцеподібно нагору по стінках трубопроводу навколо газового ядра. У потоці повітря знаходиться розпилена волога, внутрішня стінка змочена незначною кількістю рідини.

Крім перерахованих структур існують перехідні.

Досвід успішної експлуатації ерліфтних установок показав, що найбільш економічний режим, що характеризується максимальним значенням ККД ерліфта при роботі установки на будь-якому зануренні, визначається снарядною структурою газорідного потоку в піднімальній трубі ерліфта. Однак, у звичайному ерліфті, по мірі зсуву режимної крапки по витратній характеристиці ерліфта правіше, снарядний режим вироджується і переходить у чітко-диспергований режим плину, а потім у пиловий.

Ерліфт може сам працювати при визначеній витраті стисненого повітря на снарядному режимі, а може і примусово бути введений в снарядний режим роботи. В першому випадку слід експериментально підбирати необхідну витрату стисненого повітря дроселюванням для визначених умов роботи установки, що ускладнює умови експлуатації при різних притоках, а й відповідно глибинах занурення. Другий випадок передбачає постійну експлуатацію ерліфтною установки з максимальним ККД в незалежності від умов роботи та представляє більш ефективний варіант.

Основний матеріал дослідження. Перспективи використання ерліфтних установок значно розширюються, якщо подолати основний недолік ерліфта – низьку енергетичну ефективність роботи. Доведено [1], що найбільш енергоефективна робота ерліфтів має місце при забезпеченні снарядної структури водовітряного потоку в підйомній трубі. Одним з критеріїв досягнення снарядної структури газорідної суміші у вертикальній підйомній трубі ерліфта є відносне занурення змішувача, значення якого повинне складати $\alpha \geq 0,4$ [2]. Проте, навіть при відносних зануреннях змішувача $\alpha = 0,4 \dots 0,5$ ККД ерліфтів не перевищує величину близько 0,50 ... 0,55 [2], а ККД ерліфтних установок з урахуванням енергоефективності виробництва стислого повітря джерелами пневмоенергії – величину 0,25 ... 0,30 [3]. Проте слід зазначити, що для умов глибоководної розробки родовищ корисних копалин в морській гірничій справі, де ерліфтний варіант гідропідйому нині розглядається в якості основного, приймається, що ККД гідротранспортних систем не є абсолютним показником ефективності їх роботи, і вона повинна оцінюватися комплексом критеріїв [4]:

- надійністю роботи установок (величиною коефіцієнта готовності k_r – як вірогідністю того, що об'єкт опиниться в працездатному стані в довільний момент часу, окрім планованих періодів, впродовж яких застосування об'єкту за призначенням не передбачається);

- ККД установок;

- ефективністю алгоритмів управління установками і локальними системами регулювання;

- мірою функціональної сумісності з суміжними технологічними операціями і адаптацією до нових умов експлуатації;

- зміною гранулометричного складу твердого матеріалу в процесі транспортування.

Більшість вищеперелічених критеріїв ефективності роботи глибоководних гідротранспортних систем є правомірними і для загальнопромислових ерліфтних установок, вживаних в системах водовідливу і гідропідйому ряду галузей промисловості. Підтвердженням значущості викладених критеріїв ефективності роботи ерліфтних гідропідйомних установок являються результати розрахунків коефіцієнтів готовності для умов вугільних шахт. Так, значення коефіцієнтів готовності складають: для ерліфтною системи гідропідйому $k_r \approx 1$, а для насосної $k_r \approx 0,4$ [5]. Приведені дані підтверджують значно більш високу надійність роботи ерліфтних гідропідйомних установок порівняно з насосними, що особливо важливо при застосуванні ерліфтів в умовах безперервних технологічних процесів, наприклад, для гідрозолошлаковидалення на теплових електростанціях, працюючих на твердому паливі [6]. Проте значним резервом підвищення

сумарної економічної ефективності використання як водовідливних, так і гідропідйомних ерліфтних установок є збільшення енергетичної ефективності роботи власне ерліфтів, тобто підвищення їх ККД.

Відомими способами підвищення енергетичної ефективності роботи ерліфтів є:

- наближення виду процесу зміни стану газоподібного робочого тіла по довжині підйомної труби до ізохорного;
- застосування поверхнево-активних речовин для підтримки структури водоповітряного потоку в підйомній трубі близькій до пазиркової [7];
- обґрунтування раціональної форми поперечного перерізу підйомної труби для конкретних умов застосування ерліфта [8];
- отримання бажаної структури потоку (дроблення великих газових включень снарядної і кільцевої структур) в підйомній трубі механічними засобами [7];
- мінімізація гідравлічних втрат в трубі, що подає, в умовах змінних припливів рідин (гідросумішей) підведенням додаткового припливу в проміжний переріз підйомної труби;
- забезпечення умов для роботи ерліфта зі снарядною структурою водоповітряного потоку в підйомній трубі [1, 2].

Для більшості загальнопромислових ерліфтів раціональним видом процесу зміни стану газоподібного робочого тіла по довжині підйомної труби є ізохорний, що забезпечує мінімізацію гідравлічних втрат на тертя із-за стабілізації приведеної швидкості газорідинного потоку на потрібному для забезпечення транспортування рідин (гідросумішей) рівні. Як відомо [3], традиційно вживане в якості газоподібного робочого тіла стисле повітря із-за збільшення об'ємної витрати по довжині підйомної труби при зниженні тиску від його величини в змішувачі до атмосферного у повітровідділювачі приводить, в деяких випадках, до істотного зростання швидкості газорідинної суміші в трубі підйомника і, відповідно, значних енергетичних втрат на тертя.

Відомими способами наближення виду процесу зміни стану газоподібного робочого тіла по довжині підйомної труби до ізохорного являються: використання ступінчастих підйомних труб з діаметром, що збільшується по ходу руху газорідинної суміші [3], використання високотемпературних газоподібних робочих тіл [9], а також пароповітряних сумішей. Проте використання ступінчастої підйомної труби тільки частково вирішує дану задачу [3], а застосування високотемпературних газоподібних робочих тіл і пароповітряних сумішей в ерліфтах має відомі обмеження із-за специфіки і особливостей методів [9].

Доведена енергетична ефективність застосування у ряді випадків (як правило, для коротких ерліфтів з параметром $(H + h)/D < 40$) підйомних труб з нетрадиційною формою поперечного перерізу – квадратною [8]. Обґрунтовано збільшення продуктивності ерліфтів і при інших, некруглих, формах поперечного перерізу підйомних труб [10]. Проте застосування таких підйомних труб частенько стримується не технологічністю їх виготовлення і, як слід чекати, підвищеним абразивним зносом при транспортуванні гідросумішей. Енергетичні витрати в ерліфті на ковзання (випередження) газоподібної фази відносно рідинної, що є одними з визначальних в газорідинному підйомнику і що призводить до відчутного зниження істинного газозмісту суміші порівняно з витратним, найменш значимо впливають на ККД апарату при пазирковій структурі водоповітряного потоку в підйомній трубі. Підтримка пазиркової структури газорідинної суміші при її русі у вертикальній трубі в ширших, ніж зазвичай, діапазонах значимих чинників можливо використанням поверхнево-активних речовин [7]. Доведено підвищення енергетичної ефективності роботи ерліфта при додаванні поверхнево-активних речовин у водоповітряний потік, що транспортується в підйомній трубі. Проте при економічній доцільності застосування цього методу підвищення ККД ерліфта в умовах ліфтового видобутку нафти [7], застосування поверхнево-активних речовин в загальнопромислових ерліфтах має істотні обмеження, викликані як вартісними чинниками, так і екологічними обмеженнями.

Відомі також роботи по забезпеченню близької до пазиркової структури водоповітряного потоку в підйомній трубі ерліфта механічними засобами – розсікачами (розсіювачами), що встановлюються послідовно в підйомній трубі. Проте механічна дія на

потік дозволяє змінювати структуру газорідного потоку на дуже незначній відстані після такого впливу на потік, а при транспортуванні гідросумішей застосування механічних розсіювачів в підйомній трубі і зовсім неприпустимо із-за їх значної гальмівної дії на частки твердого матеріалу.

Підвищити енергетичну ефективність роботи ерліфта в умовах змінних припливів рідин (гідросумішей) можливо підведенням додаткового припливу в проміжний переріз підйомної труби. Таке технічне рішення дозволяє мінімізувати гідравлічні втрати в трубі, що подає, в умовах припливів, що збільшуються, не допустити відчутного зниження тиску в змішувачі і зберегти значення динамічного відносного занурення на допустимому рівні. Проте використання такого пристрою доцільне при тимчасових збільшеннях припливів, які складають, як правило, не менше 20 ... 25 % від базового. У разі стабільніших припливів рідин (гідросумішей), що має місце у більшості технологічних процесів, використання такої установки не доцільне.

Багатьма науковцями було доведено, що найбільш енергоефективно працює ерліфт при снарядній структурі водоповітряного потоку, яка, згідно [2, 4], має місце в підйомній трубі при певних співвідношеннях одних з визначальних критеріїв подібності робочого процесу газорідного підйомника – відносного занурення змішувача α і критерію Фруда Fr . Снарядний водоповітряний потік підрозділяють на розвинений і такий, що розвивається і характеризують значеннями довжин газових снарядів і рідинних пробок і їх співвідношень, величини яких впливають на ефективність роботи ерліфта [4]. Проте виконані дослідження не торкалися питання можливості примусової дії на снарядний газорідний потік в підйомній трубі ерліфта з метою більшого акцентування його основних гідродинамічних якостей і геометричних характеристик – довжин рідинних пробок і газових снарядів.

Висновки. Таким чином, одним з маловивчених і перспективних способів підвищення енергетичної ефективності роботи ерліфтів є підвищення енергетичної якості снарядної структури водоповітряного потоку в підйомній трубі, під яким розумітимемо можливість надання снарядному потоку, що розвивається, властивостей розвиненого з впливом на довжину рідинних пробок і газових снарядів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кононенко А.П. Структуры двухфазных потоков в подъемных трубах эрлифтов // Вісник Сумського державного університету. Серія - Технічні науки. – Суми: СДУ. - 2005. - №12 - С. 38-48.
2. Кононенко А.П. Теория и рабочий процесс эрлифтов: Дисс. ... докт. техн. наук: 05.05.17. - Донецк: ДонНТУ, 2007. - 565 с
3. Эрлифтные установки: Учебное пособие / В.Г. Гейер, Л.Н. Козыряцкий, В.С. Пашенко, Я.К. Антонов – Донецк: ДПИ, 1982. – 64 с.
4. Кириченко Е.А., Кириченко В.Е., Евтеев В.В. Теория и алгоритм расчета снарядного течения в эрлифте. Днепропетровск: Национальный горный университет. – 2013. – 263 с.
5. Расчет и выбор оптимальных характеристик гидравлического комплекса для добычи железомарганцевых конкреций со дна Мирового океана / Борисов А.А., Грибанов А.М., Пашенко В.С., Шевченко Ф.Л. – Геленджик: ПО “Южморгеология”, 1990. – 56 с.
6. Кононенко А.П. Мизерный В.И., Глухман Л.Л. Опыт применения эрлифтных установок в технологических системах ТЭС // Энергетика та електрифікація. – Київ. - 2006. - №11. - С. 8-12.
7. Исангулов К.И. Исследование особенностей движения газожидкостных смесей в вертикальных трубах и разработка методов повышения эффективности процесса лифтирования. Диссерт. канд. техн. наук, Уфа, 1970 (Дк 70-5/3163).
8. Малыгин С.С., Малеев В.Б. К вопросу обоснования рациональной формы сечения подъемной трубы короткого эрлифта // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Випуск 16, серія гірничо-електромеханічна. - Донецьк: ДонДТУ – 2000. - С. 198-203.

9. Гого В.Б. Разработка газлифтных систем, использующих отходящие газы предприятий угольной промышленности: Дис.... канд. техн. наук: 05.05.06. - Донецк: ДПИ, 1985. - 233 с.

10. Кутателадзе С.С., Стырикович М.А. Гидродинамика газожидкостных систем. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергия, 1976. - 296 с.

В. В. Калиниченко,

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

А. В. Михайленко

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭРЛИФТНЫХ УСТАНОВОК

Аннотация: в данной статье приведено состояние и перспективы развития эрлифтных установок, определены возможные пути повышения энергетической эффективности рабочего процесса эрлифта для расширения области его применения.

Ключевые слова: эрлифтная установка, газожидкостная смесь, подъемная труба, газосодержание, энергоэффективность, снарядный режим.

V. Kalinichenko,

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

A. Mikhaylenko

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

PROSPECT OF DEVELOPMENT OF AIR-LIFT OPTIONS

Annotation: in this article the state and prospects of development of air-lift options are driven, the possible ways of increase of power efficiency of working process of air-lift are certain for expansion of area of his application.

Keywords: air-lift, gas-liquid mixture fluid, lifting pipe, gas content, energy consumption, projectile mode.

УДК 621. 867.82

С. В. Ковалевський (канд. техн. наук, доц.),

Навчально-науковий професійно-педагогічний інститут
Української інженерно-педагогічної академії (м. Бахмут)

Г. В. Залужна (канд. фіз.-мат. наук, доц.),

Навчально-науковий професійно-педагогічний інститут
Української інженерно-педагогічної академії (м. Бахмут)

Е. О. Владіміров (канд. техн. наук, доц.),

Навчально-науковий професійно-педагогічний інститут
Української інженерно-педагогічної академії (м. Бахмут)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВАЖКОНАВАНТАЖЕНИХ ШАРНІРНИХ СИСТЕМ МАШИН ПРОМИСЛОВОГО ТРАНСПОРТУ

Анотація: Розглянуто конструкцію шарнірного з'єднання одноосного тягача з причіпним механізмом. В процесі дослідження встановлено низький термін служби шарнірного з'єднання, викликаний значним зносом поверхонь тертя спряжених деталей в умовах впливу корозійно-абразивного середовища. В результаті дослідження проведено

конструктивні розробки шарнірів, які спонукають автокомпенсації зносу поверхонь тертя спряжених деталей та покращують роботу спряжених поверхонь за рахунок постійної подачі мастила до поверхонь тертя.

Ключові слова: шарнірні системи машин, дослідження зусиль, вимірювальні прилади, знос, діючі зусилля.

Постановка проблеми. Важконавантажені шарніри машин промислового транспорту працюють у важких умовах під впливом корозійно-абразивного середовища та високих навантажень. У зв'язку з цим вони мають низький термін служби і потребують трудомісткого ремонту у процесі експлуатації. Деталі шарнірних систем мають великі габарити, що викликають великі затрати матеріалів. Тому проблема підвищення ресурсу шарнірних систем має велике економічне та організаційне забезпечення. Для підвищення ресурсу шарнірних систем необхідно знати діюче навантаження у спряженнях деталей шарнірних систем. За величиною діючих навантажень визначають умови контакту спряжених поверхонь тертя.

Аналіз попередніх досліджень. При експлуатації машин шарнірні системи вивчені недостатньо, що є пробілом в машинобудуванні та експлуатації машин. Вирішенням цієї проблеми займався Московський інститут проблем механіки. Він вирішував проблему технологічним шляхом, тобто заміною матеріалів пар тертя на матеріали з більш високими фізико-механічними властивостями. Але для машин, працюючих в корозійно-абразивному середовищі, такого рішення недостатньо. Тому виникла проблема підвищення ресурсу шарнірних систем машин конструктивними методами. Це питання висвітлено у працях [1–4].

Мета статті. Метою роботи є дослідження важконавантажених шарнірних систем машин з метою підвищення їх ресурсу і працездатності в умовах впливу корозійно-абразивного середовища.

Викладення основного матеріалу дослідження. Шарнірні вузли та з'єднання відносяться до найбільш відповідальних і високонавантажених силових з'єднань машин промислового транспорту. Шарнірні з'єднання в машинах промислового транспорту є найбільш металомісткими і найбільш навантаженими елементами машин, що з'єднують між собою основні конструктивні елементи та функціональні вузли. Об'єктом дослідження шарнірних вузлів транспортних машин, працюючих в умовах соляних копалин, є одноосний тягач типу МОАЗ.

Основний несучий елемент конструкції транспортних машин є багатошарнірна системою, яка пов'язана в єдиний функціональний вузол, на якому базуються основні робочі вузли машин (рис. 1).

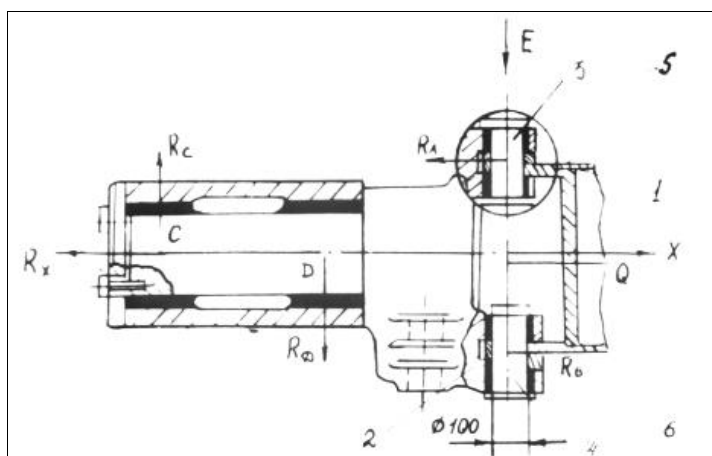


Рисунок 1 – Шарнірний вузол гірничо-транспортної машини

Багатошарнірна система машини зв'язана в єдиний конструктивний вузол і є складною технологічною конструкцією, яка при зносі одного з шарнірних з'єднань порушує роботу всієї багатошарнірної системи. В результаті цього змінюється кінематика руху окремого

робочого елемента машини, що впливає на загальну навантаженість багатошарнірної системи. Кінематична схема з'єднання тягача зі скрепером має конструктивні особливості та є складним кінематичним вузлом, який, крім транспортних навантажень, підлягає ще й дії зусиль в процесі виконання технологічних операцій завантаження ковша-скрепера (рис. 2).

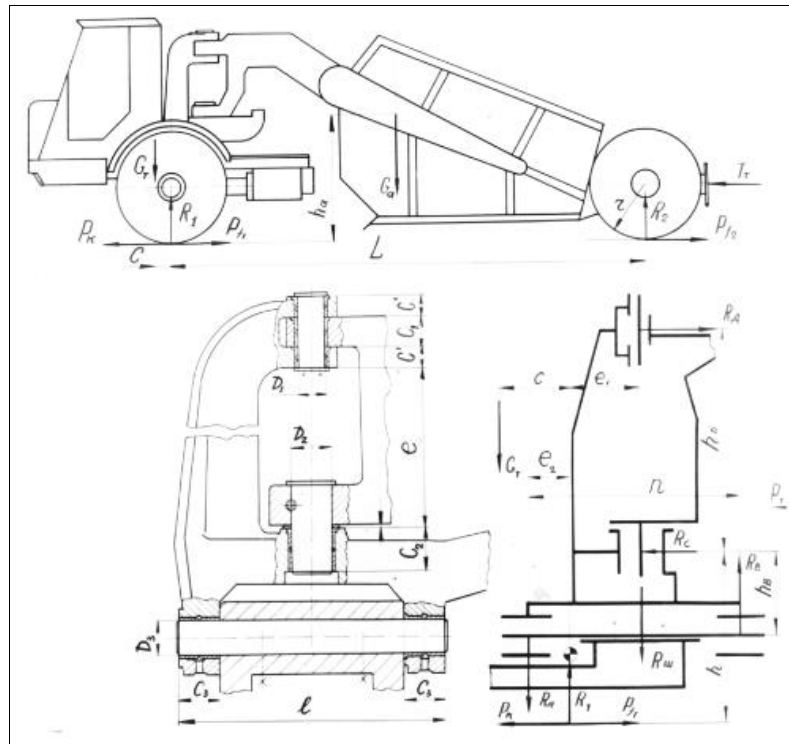


Рисунок 2 – Кінематична схема зчпного пристрою з'єднання одноосного тягача зі скрепером

Здійснювались дослідження зношування деталей шарнірних спряжень зчпних пристроїв машин в залежності від наробітки їх в часі в різноманітних умовах експлуатації підземних виробіток і відкритих кар'єрів. Дослідження зносу поверхонь тертя деталей шарнірів та визначення зусиль діючих між ними є основою для вирішення питань підвищення довговічності шарнірних пристроїв шляхом конструктивного вдосконалення вузлів [1, 5]. Одночасно проводився пошук вирішення питань підвищення ремонтпридатності шарнірних вузлів гірничотранспортного обладнання та зменшення затрат часу на технічне обслуговування.

Дослідження зносу поверхонь спряження шарнірних вузлів цих машин в умовах впливу абразивно-корозійного середовища відображають реальний знос поверхонь тертя. Вимірювання проводилися на основі статистичних даних вимірювання зносу поверхонь тертя деталей спряження шарнірів, які установлені методикою дослідження в окремі періоди експлуатації машин. На основі експлуатаційних досліджень зношення поверхонь тертя визначені допустимі величини зношення деталей шарнірів. Математична обробка експериментальних даних величини зношення деталей шарніра дозволила встановити характер протікання цього процесу в залежності від напрацювання машин в часі, а також встановити максимально допустимий зазор в спряженнях деталей шарніра зчпного пристрою машин, який має місце при експлуатації (рис. 3).

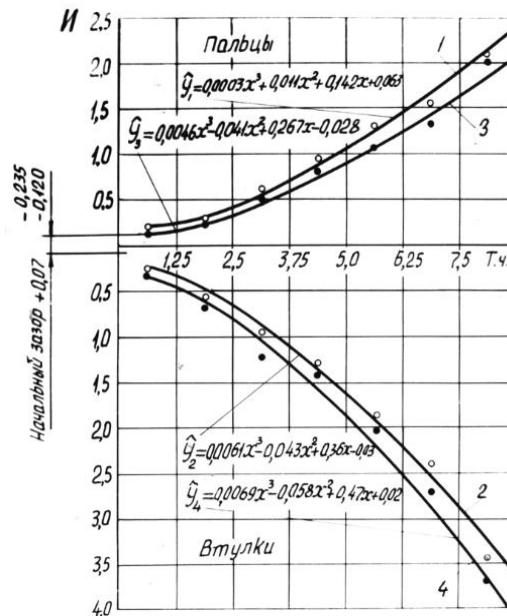


Рисунок 3 – Графічне зображення зносу нижнього шарніра зчпного пристрою тягача МОАЗ 6401 в залежності від напруцювання в часі

На основі аналізу кривих зношення поверхонь деталей шарніра і експлуатаційних характеристик установлено максимально допустимий зазор в спряжені зношених деталей шарніра в межах 1,1–1,3 мм, який не впливає в значній мірі на кінематику руху взаємозв'язаних вузлів і працездатність системи. Характер зношення верхнього шарніра аналогічний зносу нижнього, але величини зносу менші приблизно на 15% в зв'язку з тим, що верхній шарнір працює в кращих умовах середовища, ніж нижній. На характер і інтенсивність зношення спряжених деталей зчпного пристрою великий вплив надає середовище, в якому працюють машини [5]. На знос контактуючих поверхонь деталей шарніра впливають численні фактори: характер навантаження; фізико-механічні властивості матеріалів; контактне навантаження; умови змащування робочих поверхонь; умови та характер дії абразивно-корозійного середовища, в якому працює машина та закон взаємного переміщення поверхонь тертя [6]. Знос поверхонь тертя виражається у функціональній залежності перерахованих основних та допоміжних факторів: вологість, температура та інших [6].

$$U = f(Q, \varepsilon, \mu, r, \Delta, \delta, \varphi),$$

де U – знос, мкм; Q – радіальне навантаження; ε – фізико-механічні властивості матеріалів поверхонь тертя; μ – коефіцієнт тертя; r – радіус мікронерівностей поверхонь тертя; Δ – розмір абразивних частинок; δ – контактне напруження; φ – кінематика руху поверхонь тертя (повноповоротне переміщення або реверсивне).

Для вирішення питання зменшення зносу шарнірів машин необхідно визначити експериментально діюче робоче навантаження в спряженнях деталей шарнірів зчпного пристрою. Складні багатошарнірні системи і схеми сил, діючих на деталі цих сполучень, представляють собою статично невизначену систему, в якій розміщені шарнірні вузли з'єднання тягача з прищепним механізмом та шарніри системи керування. Усі шарніри розміщені на одній базовій деталі (рис. 1) і представляють собою деталь зі складною технологічною обробкою, яка має вагу 1,5 тону. Така складна конструкція шарнірних з'єднань значно ускладнює вирішення аналітичних задач визначення діючих зусиль і навантажень в сполученнях і не дає можливості визначити фактичний напружений стан деталей конструкції. Кінематичну схему шарнірного пристрою та механізмів керування транспортним засобом наведено у [1].

Проблему зменшення зносу та підвищення ресурсу деталей шарнірів можна вирішити наступними методами:

- заміною матеріалів контактуючої пари шарніра на матеріали з більшою несучою здібністю;
- використанням сучасних методів хіміко-термічної обробки поверхонь тертя;
- при ремонті зношених поверхонь деталей шарніра використанням зносостійких наплавов;
- використанням сучасних мастил з противозносними добавками;
- підвищенням зносостійкості та ресурсу деталей шарнірів конструктивними методами (введенням в конструкцію шарніра пружних елементів, які здатні компенсувати зазор, який утворюється при зносі поверхні тертя; введенням в конструкцію пристроїв, які здатні забезпечити постійну подачу мастила до поверхні тертя при роботі механізму; зменшенням введення в конструкцію вузла елементів, які здатні зменшити питоме навантаження на поверхню тертя; введенням в конструкцію шарніра пристроїв, які здатні забезпечити розподіл навантаження на поверхнях тертя контактуючої пари [3].

Одним із прикладів вирішення проблеми підвищення несучої здатності поверхонь тертя за рахунок розподілу питомого тиску між поверхнями тертя являється технічне рішення конструкції шарніра, в якому передбачена (рис. 4):

- компенсація зносу;
- покращення умов розподілу тиску на поверхнях тертя;
- забезпечення постійної подачі мастила до поверхонь тертя за рахунок установки додаткового автоматичного пристрою подачі мастила під тиском.

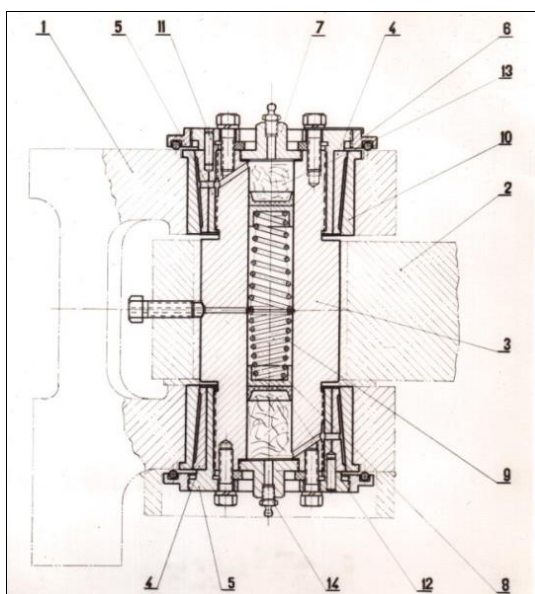


Рисунок 4 – Конструкція шарніра підвищеної довговічності

Найбільш досконалим технічним рішенням є конструкція шарніра, в якому передбачено:

- автокомпенсація зносу поверхонь тертя за рахунок введення в конструкцію пружних елементів, які забезпечують постійне зближення поверхонь тертя;
- введення в конструкцію пружних елементів автокомпенсації зносу поверхонь тертя і розподіл тиску на внутрішню і зовнішню контактуючі поверхні;
- забезпечення постійної подачі мастила до поверхонь тертя за рахунок установки додаткового автоматичного пристрою подачі мастила під тиском.

Прикладом вирішення проблеми підвищення зносостійкості поверхонь тертя за рахунок компенсації зносу поверхонь та постійної подачі мастила до поверхонь тертя є конструкція шарнірного вузла (рис. 5).

Приклад вирішення проблеми підвищення зносостійкості вузла тертя зчпного пристрою, який поєднує в собі нові технічні рішення: використання пружних елементів для автокомпенсації зносу поверхонь тертя; розподіл питомого тиску рівномірно по всій поверхні тертя; впровадження в конструкцію автоматичного пристрою для постійної подачі мастил до поверхні тертя; введення в конструкцію вузла пружних елементів, які одночасно забезпечують автокомпенсацію зазору у верхній і нижній опорах, – на рис. 5.

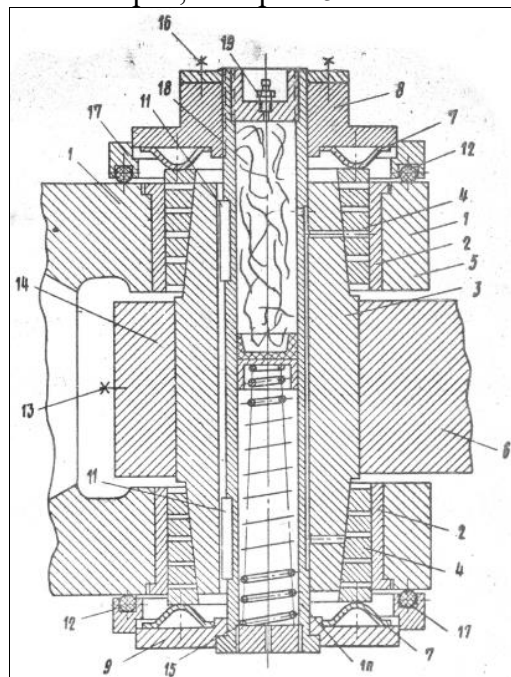
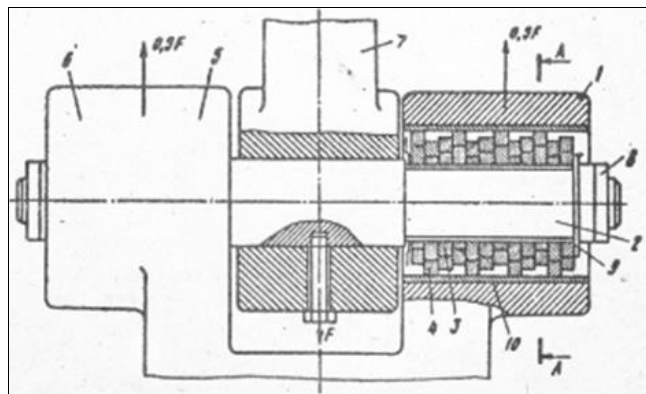


*Рисунок 5 – Шарнірний пристрій підвищеної довговічності
(4 і 7 – пружні автокомпенсатори, 18 і 19 – пристрої автоматичного змащення)*

Приведені конструкції шарнірних пристроїв підвищеної довговічності, які установлені на машини замість серійних вузлів тертя, забезпечили експлуатацію транспортних засобів без ремонту на протязі усього терміну експлуатації транспортних засобів. В останній час в зв'язку з розвитком комп'ютерних систем розроблені спеціальні методики, які дозволяють значно скорочувати час та матеріальні затрати на проведення досліджень зусиль в шарнірних системах машин.

Висновки. На основі проведених досліджень згідно методики дослідження зносу шарнірів та вимірювання зусиль в спряжених деталях шарніра визначено умови контакту поверхонь тертя, розроблено конструкції шарнірів підвищеної довговічності, які забезпечують автокомпенсацію зносу поверхонь тертя при постійному забезпеченні поверхонь тертя мастилом. Це значно скорочує періодичність та трудомісткість технічного обслуговування машин промислового транспорту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковалевский С. В. К вопросу методики исследования нагрузок в шарнирах самосвальных автопоездов для солерудников / С. В. Ковалевский, Г. С. Крашенинин. – М.: Угольное машиностроение УНИЭН уголь, 1982.
2. А. С. 838432 (СССР), МПК G 01 L 1/04. Устройство для измерения моментов трения скольжения и радиальных усилий в силовых цилиндрических шарнирах / С. В. Ковалевский, Е. А. Степанов, Г. М. Безкровный; ВНИИ соляной пром-сти. – № 2764191/18-10, заявл. 10.05.79; опубл. 15.06.81; Бюл. № 22. – 3 с.
3. А. С. 1078252 (СССР), МПК G 01 L 1/04. Устройство для измерения моментов трения скольжения и радиальных усилий в силовых цилиндрических шарнирах / С. В. Ковалевский, Е. А. Степанов, Н. М. Михин, ВНИИ соляной пром-сти. – № 3572097/18-10, заявл. 04.04.83; опубл. 07.03.84; Бюл. № 9. – 5 с.

4. Ковалевский С. В. Исследование радиальных нагрузок и моментов трения-скольжения в шарнирных системах машин промышленного транспорта / С. В. Ковалевский, И. В. Голоперов, В. М. Петруняк // *Машинобудування*. – 2015. – № 1. – С. 12–18.
5. Логинов В. Н. Электрические измерения механических величин / В. Н. Логинов. – М.: Энергия, 1970. – 60 с.
6. Сухарев И. П. Прочность шарнирных узлов машин: справочное пособие / И. П. Сухарев. – М.: Машиностроение, 1977. – 166 с.

С. В. Ковалевский,

Учебно-научный профессионально-педагогический институт Украинской инженерно-педагогической академии (г. Бахмут)

Г. В. Залужная,

Учебно-научный профессионально-педагогический институт Украинской инженерно-педагогической академии (г. Бахмут)

Э. А. Владимиров

Учебно-научный профессионально-педагогический институт Украинской инженерно-педагогической академии (г. Бахмут)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ШАРНИРНЫХ СИСТЕМ МАШИН ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА

Аннотация: Рассмотрена конструкция шарнирного соединения одноосного тягача с прицепным механизмом. В процессе исследования установлен низкий срок службы шарнирного соединения, вызванный значительным износом поверхностей трения сопряженных деталей в условиях воздействия коррозионно-абразивной среды. В результате исследования проведены конструктивные разработки шарниров, которые побуждают автокомпенсацию износа поверхностей трения сопряженных деталей и улучшают работу сопряженных поверхностей за счет постоянной подачи смазки к поверхностям трения.

Ключевые слова: шарнирные системы машин, исследование усилий, измерительные приборы, износ, действующие усилия.

S. Kovalevsky,

Educational Scientific Professional Pedagogical Institute of Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy (c. Bahmut)

G. Zalyshna,

Educational Scientific Professional Pedagogical Institute of Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy (c. Bahmut)

E. Vladimirov

Educational Scientific Professional Pedagogical Institute of Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy (c. Bahmut)

RESEARCH OF HEAVY-LOADED HINGE SYSTEMS OF MACHINES OF INDUSTRIAL TRANSPORT

Annotation: The design of the hinged connection of a single-axle tractor with a trailing mechanism is considered. In the course of the study, a short service life of the articulated joint was established, caused by the considerable wear of the friction surfaces of the mating parts under the conditions of the corrosive abrasive medium. As a result of the research, the design of the joints was carried out, which induce the automatic compensation of the wear of the friction surfaces of the conjugate parts and improve the operation of the conjugate surfaces due to the constant supply of lubricant to the friction surfaces.

Key words: hinged systems of machines, research of force, measuring instruments, wear, operating forces.

О. Ю. Колларов (канд. техн. наук, доц.),
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Д. О. Остренко (студ.)
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

РОБОТА ЕЛЕКТРОПРИВОДА З ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯМ ВІД АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ

Анотація: В даній роботі розроблена система електропривода при живленні від акумуляторної батареї.

Розроблена система керування напруги електропривода, який за рахунок імпульсного регулятора нормалізує напругу на його виході. Система перевірена моделюванням в системі Matlab Simulink.

Ключові слова: *двигун постійного струму, акумулятор, електропривод, matlab, моделювання, інвертор, блок керування.*

Робота присвячена розробці електропривода в системі з електроживленням від акумуляторної батареї.

Електропривод є невід'ємною частиною багатьох агрегатів та комплексів, що використовуються в різних галузях господарства, науки і техніки. Поряд з тенденцією автоматизації технологічних і виробничих процесів на базі обчислювальної техніки, сучасний електропривод став найбільш поширеним різновидом систем автоматичного керування технічними об'єктами. В яких основними виробничими агрегатами є механізми циклічної дії. Особливістю цих механізмів є специфічні режими роботи, що складаються з ряду повторюваних циклів. Кожен робочий цикл включає ділянки усталеної роботи або паузи, ділянки пуску, гальмування і реверсу, що ускладнює роботу електроприводу і позначається на процесі роботи.

У зв'язку з цим до електроприводу пред'являється ряд вимог. Ці вимоги продиктовані жорсткими пускогальмівними режимами роботи, що характеризуються числом включень, необхідністю регулювання швидкістю в заданому діапазоні, надійністю і економічністю.

Сучасний регульований електропривод містить, як правило, статичний (електронний) перетворювач електроенергії (регулятор, комутатор), з допомогою якого забезпечується економічне і плавне регулювання параметрів руху в широкому діапазоні, формування перехідних процесів з заданим якістю, автоматизація процесів управління. Тип керованого перетворювача, тип електродвигуна, а також спосіб керуючого впливу на двигун визначають у цілому систему електропривода.

Актуальність роботи обумовлена метою:

1. забезпечити енергетичну незалежність електропривода;
2. уникнути втрат енергії в електричній передачі.

Акумуляторна батарея застосовується насамперед для роботи, коли неможливо отримувати електричну енергію із системи централізованого електропостачання або вона надходить з перебоями. Також акумуляторна батарея застосовується, коли електропривод живиться від системи розподіленої генерації

В даний час типовим рішенням задачі електропостачання споживачів є прокладка ліній електропередачі від найближчої трансформаторної станції. Місцева енергомережа зобов'язується забезпечувати споживача енергією змінного струму з заданими, відносно стабільними параметрами. Більш того, генерація електроенергії виробляється в основному на великих електростанціях, розташованих поблизу великих споживачів енергії (наприклад, міст або підприємств), і потім передається по високовольтних і низьковольтних ліній електропередач до кінцевих споживачів, що знаходяться у віддалених і сільських районах.

У наш час все більше зростає навантаження на мережі централізованого електропостачання, що призводить до їх перевантаження, аварій, економічних втрат, що

виникають внаслідок погіршення якості електроенергії, а також до перерв в електропостачанні.

Тому аби вирішити цю проблему в типову схему живлення двигуна було додано акумулятор. Це дозволить по-перше створити систему, яка буде житися під час аварії певний час від автономного джерела, а по-друге, якщо це буде раціонально, то дозволить отримувати та запасати енергію від місцевої станції(принцип розподіленої генерації) або навіть від відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), які в останні десятиліття показали свою ефективність та екологічність.

Проаналізувавши деякі роботи з даної тематики [5], можна зробити висновок, що вони всі об'єднані в одну концепцію, яка має назву Smart Grid. Ця концепція передбачає розвиток наступних функціональних характеристик: само відновлювання при аварійних збуреннях; мотивація активної поведінки кінцевого споживача; опір негативного впливу; забезпечення надійності та якості електроенергії; різноманіття типів електростанцій і систем акумулювання електроенергії; розширення ринків потужності та енергії до кінцевого споживача.

Мета статті: розробити систему керування електроприводом постійного струму при живленні від акумулятора. Специфічною особливістю роботи привода в цій системі є зміна напруги на виході акумуляторної батареї і мінливим внутрішнім опором акумулятора. Структурна схема система представлена на рисунку 1.

Як вже було сказано при живленні електропривода від акумулятора, осатаній починає розряджатися, а разом з тим росте його внутрішній супротив (аналогічно тому, якби ми збільшували супротив у колі двигуна). Із збільшенням додаткового резистора жорсткість характеристик знижується (Рисунок 2).

$$w = \frac{U}{k \cdot \Phi} \quad (1)$$

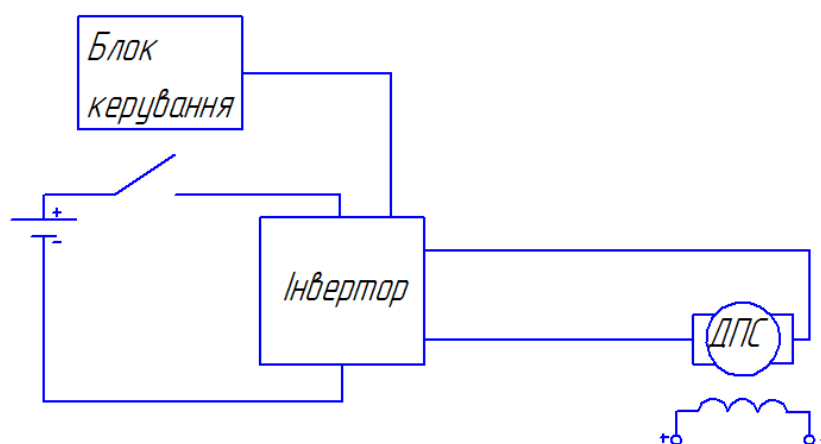


Рисунок 1 - Структурна схема роботи електропривода при живленні від акумулятора

При цьому всі характеристики виходять з однієї точки .

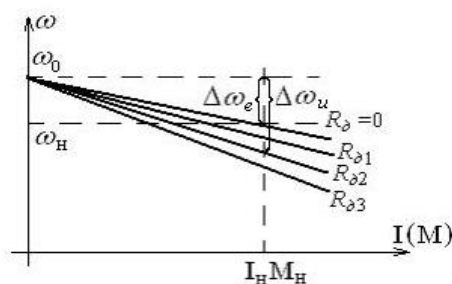


Рисунок 2 - Механічні характеристики двигуна при різних значеннях опору

У приводах невеликої потужності використовується імпульсне регулювання швидкості. Співвідношення тривалості замкнутого t_1 і розімкнутого t_2 стану ключа (Рисунок 3) характеризують відносною величиною ε – шпаруватість керуючих імпульсів.

$$\varepsilon = \frac{t_1}{t_1 + t_2} \quad (2)$$

де t_1 - тривалість замкнутого стану ключа

t_2 - розімкнутого стану ключа

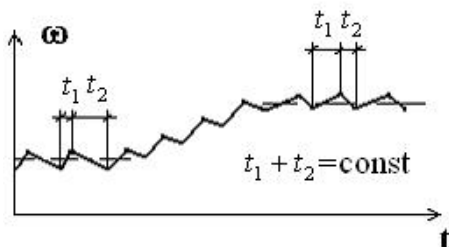


Рисунок 3- Зміна швидкості привода при зміні ε

Із збільшенням ε при незмінному навантаженні на валу кутова швидкість двигуна буде зростати.

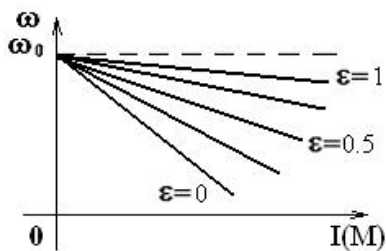


Рисунок 4- Механічні характеристики приводу при імпульсному регулюванні швидкості

Моделювання роботи приводу постійного струму (Рисунок 5)

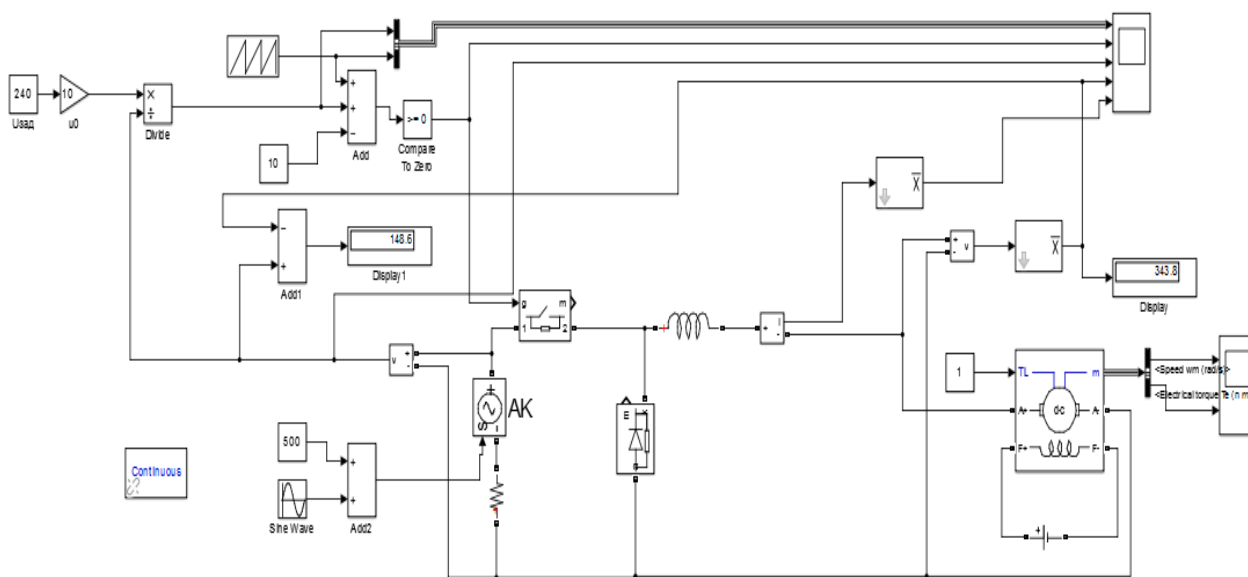


Рисунок 5 - Схема моделі електроприводу при живленні від акумулятора

Для заряду акумулятора використовується змінна напруга 500 В(це можна побачити зі схеми (Рисунок 5) та осцилограми (Рисунок 6, третій графік). На виході інвертора (напруга для живлення двигуна) намагаємося отримати постійне значення 380 В (Рисунок 6,

четвертий графік). Роботу інвертора можна побачити на (Рисунок 6, графік перший та другий), як вже було зазначено в системі йде зрівняння заданої напругу з напругою на виході двигуна (за зворотнім зв'язком) і якщо вона менше то починається «полоса відкриття».

Регулятор описується наступними рівняннями :

$$\begin{aligned}\frac{u_0 - u_{BX}}{t_H} &= \frac{u_0}{T}; \\ u_0 - u_{BX} = u'_{BX} &\rightarrow \frac{u'_{BX}}{t_H} = \frac{u_0}{T} \rightarrow u'_{BX} = \frac{t_i}{T} u_0 \\ \frac{\bar{U}}{U_A} = \frac{t_i}{T} &\rightarrow \bar{U} = \frac{t_i}{T} U_A \rightarrow \bar{U} = u'_{BX} \frac{U_A}{u_0}. \\ u'_{BX} = \frac{u_3}{U_A} &\Rightarrow \bar{U} = \frac{u_3}{u_0}\end{aligned}\quad (3)$$

де u_3 – задане значення напруги на навантаженні (при змінній напрузі на акумуляторі).

t_i - час пропускання інвертору;

T - період;

U_A - амплітудне значення напруги;

U - середнє значення напруги;

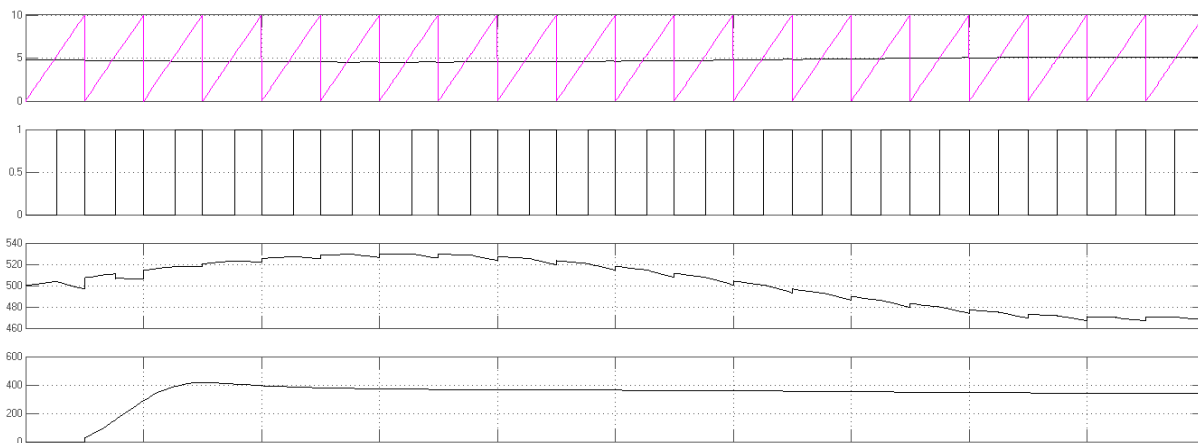


Рисунок 6 - Осцилограма зі Scope1 (на зображенні представлено залежності $w(t)$, $Uv(t)$ та вихідні значення регулятора)

Висновки. В роботі створено систему електропривода за допомогою програмного пакету Matlab. Встановлено, що при роботі в системі електропривод працює головним чином від електричного акумулятора. Розроблена система автоматичного регулювання напруги, яка надходить від акумулятора на двигун, з метою нормалізації його роботи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Чорний О. П., Луговий А. В., Родькін Д. І. Моделювання електромеханічних систем. Кременчук - 2001р. 374с.
2. Герман-Галкін С. Г. Matlab & Simulink. Проектування мехатронічних систем на ПК // ред. Корона 2008. - 368с.
3. Ахнімюк В. Н., Опейко О. Ф. Проектування систем автоматизованого управління електроприводами. Посібник для вузів - 1986р. 143с.
4. Довідник з автоматизованого електроприводу. Під ред. Ст. А. Єлісєєва і А. В. Шинянского. – М: Вища Школа, 1983. – 616 с. Іл.
5. Стогній Б. С., Кириленко О. В., Денесюк С. П. Еволюція інтелектуальних електричних мереж ті їхні перспективи в Україні // Техн. Електродинаміка. - 2012 с.52-67

А. Ю. Колларов (канд. техн. наук, доц.),
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»
Д. А. Остренко
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

РАБОТА ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ЭЛЕКТРОПИТАНИЕМ ОТ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ

Аннотация: В данной работе разработана система электропривода при питании от аккумуляторной батареи.

Разработана система управления напряжения электропривода, которая за счет импульсного регулятора нормализует напряжение на его выходе. Система проверена моделированием в Matlab Simulink.

Ключевые слова: *двигатель постоянного тока, аккумулятор, электропривод, matlab, моделирование, инвертор, блок управления*

O. Kollarov (candidate of technical sciences, docent DEP.),
Donetsk national technical University
D. O. Ostrenko
Donetsk national technical University

WORK ELECTRIC DRIVE WITH POWER SUPPLY FROM THE BATTERY

Annotation: *In this work we developed the electric drive system when powered by battery.*

Developed a tension control system of the actuator, which is due to the pulse controller normalizes voltage at its output. A scheme of the system is verified by simulation in Matlab Simulink.

Key words: *dc motor, battery, electric motor, matlab, modeling, inverter, the control unit*

УДК 620.172.2.084

Л. В. Коломиец (д-р техн. наук, проф.),
Одесская государственная академия технического регулирования и качества

А. М. Лимаренко (канд. техн. наук, доц.),
Одесский национальный политехнический университет

А. С. Лимаренко (старший научный сотрудник)
Одесская государственная академия технического регулирования и качества.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УПРУГОГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ ВЕСОВЫХ УСТРОЙСТВ

Аннотация: Рассмотрена оригинальная конструкция упругого элемента силоизмерительного устройства, обеспечивающая измерение веса вагонов в движении. Упругий элемент выполнен в виде рельса, и является достаточно перспективным в экономическом плане. Такие рельсовые весы не требуют устройства специальных платформ требующих изготовления громоздких фундаментов, а предложенный упругий элемент обеспечивает надежность измерений.

Ключевые слова: *упругий элемент, измерение, механика, вес, вагон, деформация.*

Постановка проблемы. Известно, что одним из недостатков эксплуатируемых весовых устройств является наличие специальных взвешивающих платформ. Установка таких платформ приводит к существенным затратам на монтаж, а при наезде на них вагонов

возникает вибрация, которая негативно влияет на точность взвешивания. На сегодняшний день при рациональном способе автоматического взвешивания движущихся объектов стараются не использовать специальные взвешивающие платформы.

Стоит отметить, что независимо от конструкции весоизмерительного устройства, упругий элемент является его основной деталью определяющим область применения и отвечающим за чувствительность и точность измерения нагрузок.

Поэтому в работе рассматривается комплексный вопрос – создание упругого элемента одновременно являющимся весоизмерительным устройством.

Анализ предыдущих исследований. В практике измерения веса грузов не являются новинкой устройства для взвешивания движущихся объектов, в которых продольные несущие элементы выполняются в виде рельс. В зоне нейтральной оси поперечного сечения рельса устанавливают соосные кольцевые элементы с тензорезисторами наклеенными на их цилиндрические поверхности [1-3]. Следует отметить, что получаемый при взвешивании электрический сигнал невелик, потому как тензорезисторы устанавливаются в зоне с минимальными деформациями. В таких устройствах невозможно использовать винтовые тензорезисторы, поэтому при вибрации, вызванной неравномерным вращением колес вагонов, в клеевой прослойке наблюдается отклеивание тензорезисторов. Поэтому такие устройства не долговечны. Соответственно неизвестно точное время нормальной работы подобных устройств, и потому они не нашли широкого применения.

Цель статьи. В работе представлена оригинальная форма упругого элемента для поосного способа взвешивания железнодорожных вагонов и составов. Такой упругий элемент может быть использован в весах для определения массы различных транспортных средств, как во время статического взвешивания, так и во время взвешивания в движении (рис. 1). Целью исследования альтернативной конструкции упругого элемента является повышение надежности в работе грузоприёмного устройства железнодорожных весов, который встраивается в действующее железнодорожное полотно без нарушения движения железнодорожных составов, повышение точности измерения, а также простоты установки.

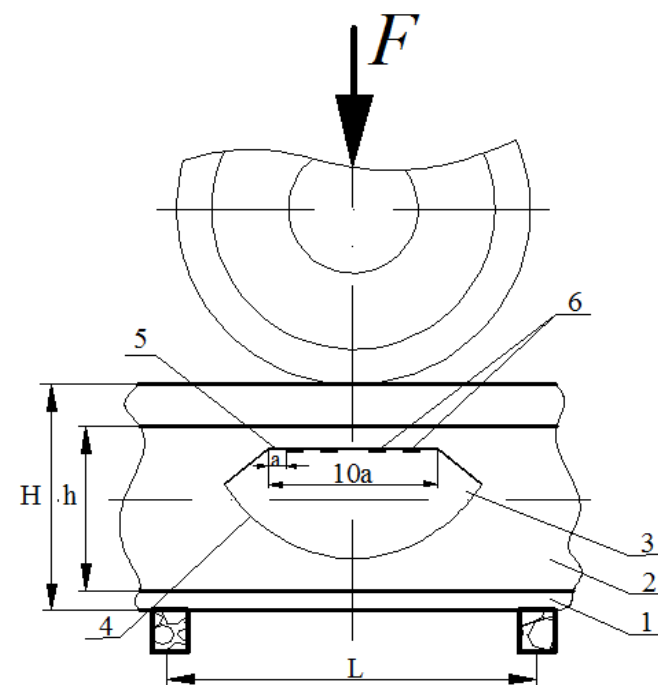


Рисунок 1 – Принципиальная схема измерительного узла.

1 - весоизмерительный участок рельса, 2 - вертикальная стенка, отверстие, 4 - нижнее основание трапеции образованное дугой, 5 - верхнее основание трапеции, 6 - тензорезисторы.

Известны способы определения поясной нагрузки и суммарной массы железнодорожных вагонов в движении, когда усилия от колеса вагона, движущегося с определенной скоростью, передается введенном в его вертикальную стенку силоизмерительного элемента с тензорезисторами который вырабатывает сигнал пропорциональный усилию что воспринимается и передает его к аппаратуре индикации и регистрации.

Недостатком такого способа является снижение надежности и точности измерения от искажения процесса силовведения, связанного с наличием прорезей для крепления силоизмерительных элементов, а также с отсутствием герметизации силоизмерительного узла.

Изложение основного материала. В основу конструкции силоизмерителя поставлена задача создания способа оперативного встраивания грузоприемного устройства в действующее железнодорожное полотно без нарушения движения железнодорожных составов.

Поставленная задача решается тем, что в соответствии с предложенным способом, встраивания грузоприемного устройства в действующее железнодорожное полотно, который включает наклеивание в оригинальном проеме гибкого элемента датчика.

Продольный силоизмерительный элемент, с помощью клея, устанавливают параллельно основной оси симметрии сечения рельса, создают поперечное натяжение между всеми соединенными поверхностями устройства, участвующих в передаче усилия от колеса железнодорожного вагона на продольный силоизмерительный элемент, передают сигнал, который производит силоизмерительный элемент, пропорционально усилию, что воспринимается, к аппаратуре индикации и регистрации.

Техническим результатом способа является повышение надежности в работе грузоприемного устройства железнодорожных весов, повышение точности измерения за счет деформации гибкого элемента.

Новизна способа заключается в создании отверстия оригинальной формы, который имеет малое количество зон концентрации напряжений, при этом практически не уменьшая срок использования железнодорожного полотна.

Анализ заявляемого технического решения по сравнению с другими известными из научно-технической литературы позволяет выявить признаки, которые отличают новые решения, от прототипа, что позволяет авторам сделать вывод о соответствии признаков, критерию "существенные отличия", которые определяют новизну изобретения. На рис. 2 представлена конечно-элементная модель рельса с отверстием, которое реализует способ.

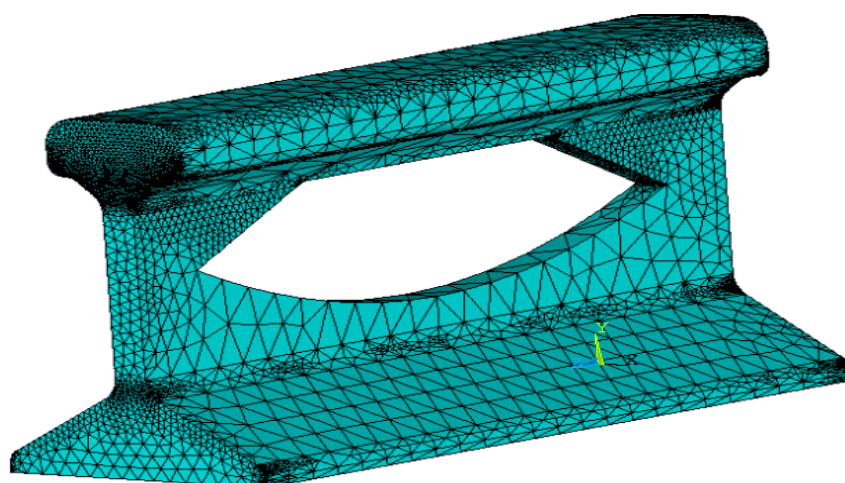


Рисунок 2 – Конечно-элементная модель упругого элемента

Для устранения больших погрешностей, отверстие выполнено в форме правильной трапеции, которая вписана в эллипс. Верхняя часть отверстия является меньшим основанием

правильной трапеции, где два развернутых угла, являются зонами максимальных напряжений.

Меньшее основание трапеции, является участком для закрепления датчика. По отношению к нагрузке на рельс, больше деформируется меньшее основание, так как находится между разогнутыми углами (рис. 3).

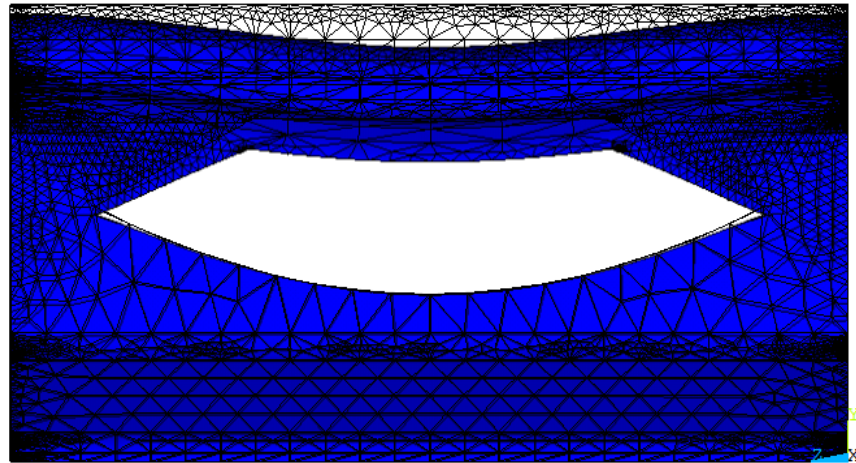


Рисунок 3 – Деформированная форма упругого элемента

Боковая и нижняя части отверстия имеют форму незаконченного эллипса. Это сделано для того, чтобы увеличить надежность и долговечность конструкции.

Оригинальность отверстия заключается в совокупности двух противоположных задач сопротивления материалов. Для создания отверстия такой формы были задействованы теории упругости и пластичности.

Способ грузоприемного устройства в действующее железнодорожное полотно, предусматривающий введение в вертикальную стенку рельсы упругого элемента датчика отличаются тем, что силоизмерительный элемент устанавливают в сечение оригинальной формы максимально отражающей деформацию при нагрузке в зоне передачи усилия от колеса железнодорожного вагона на продольный силоизмерительный элемент, пропорциональный усилию, что воспринимается аппаратурой индикации и регистрации.

Выводы. Таким образом, способ встраивания грузоприемного устройства в действующее железнодорожное полотно обеспечивает установку и стабильное горизонтальное положение продольного силоизмерительного элемента, который гарантирует оптимальный процесс силовведения, повышает точность измерения, надежность работы устройства.

Предложенная оригинальная конструкция упругого элемента и способ встраивания грузоприемного устройства в железнодорожное полотно выгодно отличается от существующих весовых устройств и уже нашел свое применение для поосного взвешивания железнодорожных вагонов и составов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коломиєць Л.В. Патент на корисну модель «Вимірювальний пристрій» №109154 Л.В. Коломиєць, О.М. Лимаренко Український інститут інтелектуальної власності (Укрпатент) Управління правового забезпечення промислової власності Державної служби інтелектуальної власності України. <http://www.uipv.org/ua/vinaxid>
2. Коломиєць Л.В. Методика підвищення точності вимірів динамічної маси вантажного вагону / Л.В. Коломиєць, О.М. Лимаренко, А.С. Лимаренко – Системи Обробки Інформації, Випуск 6 (131), Харків 2015. с. 95-98.
3. Дашенко О.Ф. Підвищення точності вимірів динамічної маси. / О.Ф. Дашенко, Л.В. Коломиєць, О.М. Лимаренко – Праці Одеського політехнічного університету – 2015. – №2 (41) с. 25-31.

Л. В. Коломієць (д-р техн. наук, проф.),
Одеська державна академія технічного регулювання та якості;
О. М. Лимаренко (канд. техн. наук, доцент),
Одеський національний політехнічний університет
А. С. Лимаренко (старший науковий співробітник)
Одеська державна академія технічного регулювання та якості.

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРУЖНОГО ЕЛЕМЕНТА ДЛЯ ВАГОВИХ ПРИСТРОЇВ

Анотація: Розглянуто оригінальна конструкція пружного елемента силовимірювального пристрою, яка забезпечує вимірювання ваги вагонів в русі. Пружний елемент виконаний у вигляді рейки, і є досить перспективним в економічному плані. Такі рейкові ваги не вимагають пристрою спеціальних платформ вимагають виготовлення громіздких фундаментів, а запропонований пружний елемент забезпечує надійність вимірювань.

Ключові слова: пружний елемент, вимір, механіка, вага, вагон, деформація.

Kolomiets L. V. (Doctor of Technical Sciences, prof.),
Odessa State Academy of Technical Regulation and Quality;
Limarenko A. M. (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor),
Odessa National Polytechnic University
Limarenko A. S. (Senior Researcher)
Odessa State Academy of Technical Regulation and Quality.

DEVELOPMENT OF THE STRUCTURE OF ELASTIC ELEMENT FOR WEIGHING DEVICES

Annotation: The original design of the elastic element of the load-measuring device is considered, which provides measurement of the weight of cars in motion. The elastic element is made in the form of a rail, and is quite promising economically. Such rails do not require the installation of special platforms requiring the manufacture of cumbersome foundations, and the proposed elastic element ensures the reliability of measurements.

Key words: elastic element, measurement, mechanics, weight, wagon, deformation.

УДК 621.65.004.13

В. Г. Кондратенко (канд. техн. наук, доц.),
Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

В. Д. Гайдук
Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ШАХТНЫХ ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК

Аннотация: В статье изложены методы и средства эксплуатационной технической диагностики, которая позволяет повысить экономичность и надежность шахтной водоотливной установки. Методы диагностики охватывают как водоотлив в целом, так и составное оборудование отдельно.

Ключевые слова: эксплуатационная техническая диагностика, шахтная водовідливна установка, насос, трубопровод

Постановка проблемы. Водоотливными установками расходуется более 30% электроэнергии, потребляемой всем электромеханическим оборудованием шахты. Поэтому

шахтные водоотливные установки должны обладать высокой экономичностью и надежностью.

Анализ предыдущих исследований. Вопросы технической диагностики насосных установок первоначально были изложены в [1], где рассматривалась система насос-трубопровод и продолжают исследоваться в настоящее время [2]. В работе [2] изложен способ технической диагностики разгрузочного устройства шахтного насоса.

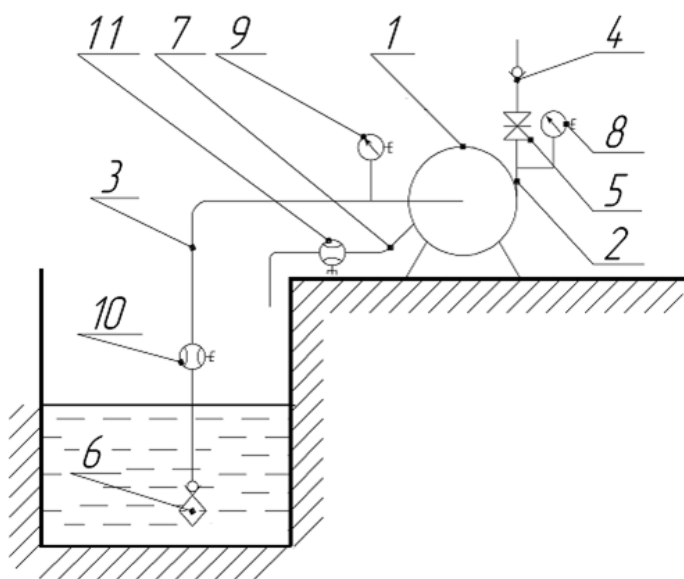
Цель статьи. Целью настоящей работы является изложение методов и средств эксплуатационной технической диагностики всей водоотливной установки в целом и составного оборудования в отдельности.

Изложение основного материала исследования. Повышение экономичности и надежности работы водоотливных установок можно достигнуть с помощью их контроля и технической диагностики. Основные элементы шахтной водоотливной установки и контролирующие приборы изображены на рис.1.

Первоначально, при проектировании водоотливных установок, расчёт и выбор перечисленного оборудования производится с учетом надежности и экономичности работы. В дальнейшем, в процессе эксплуатации, надёжность и экономичность водоотлива зависит от технического состояния выбранного оборудования. Поэтому в процессе эксплуатации водоотливной установки необходимо вести постоянный и по возможности автоматический контроль технического состояния её оборудования.

Существующая аппаратура автоматизации позволят характеризовать такие технические параметры водоотливной установки как подачу, напор, вакуумметрическую высоту всасывания, температуру подшипников. Сами по себе показания этих датчиков дают далеко не полную информацию о техническом состоянии установки, и поэтому их информация не может в должной мере эффективно использоваться.

Необходимо осуществлять контроль не только составного оборудования насосных установок, но и всей водоотливной установки в целом. Это связано с тем, что незначительные отклонения характеристик нескольких составляющих её устройств могут привести к недопустимым изменениям параметров, характеризующих в целом всю установку. Техническая диагностика позволит выявить скрытые неисправности, предупредить назревающие аварии, определить оптимальные сроки и объём работ по техническому обслуживанию или ремонту, прогнозировать ресурс работы оборудования. В целом эти мероприятия направлены на повышение надёжности и экономичности водоотлива.



- 1 – насос, 2 – напорный трубопровод, 3 – всасывающий трубопровод, 4 – обратный клапан, 5 – задвижка, 6 – обратный клапан с приемной сеткой, 7 – разгрузочный шланг, 8 – манометр, 9 – вакуумметр, 10 – расходомер, 11 – расходомер разгрузки.

Рисунок 1 – Схема водоотливной установки с контролируемыми приборами

Средствами технической диагностики являются датчики, определяющие текущие параметры насосной установки, в большинстве те, которые уже применяются в аппаратуре автоматизации. При автоматической диагностике обработку полученной информации можно производить с помощью микропроцессорной техники, реализующей функции диагностики.

Индивидуальный контроль параметров оборудования заключается в том, что фактическое значение (существующее в данный момент) сравнивается с эталонным (с тем которое должно иметь исправное устройство) и по разнице этого сравнения делается вывод о состоянии контролируемого устройства. Допустимые отклонения определяются на основании паспортных данных, экономического расчета или с условий надежности работы.

Ниже приведены некоторые методы контроля.

1. Контроль рабочих параметров характеризующих водоотливную установку в целом.

Для контроля работы водоотливной установки в целом можно использовать два параметра, один из которых характеризует надежность, а второй экономичность.

Согласно правилам безопасности [3] подача насосного агрегата, не считая резервных, должна обеспечивать подачу нормального суточного притока воды не более чем за 20 часов. Следуя условиям [3], первоначально, после ввода водоотливной установки в эксплуатацию или после обновления оборудования, эталонное значение подачи насосной установки должно удовлетворять неравенству:

$$Q_z \geq 1,2 Q_{пр.},$$

где Q_z - эталонная подача насосной установки; $Q_{пр.}$ - нормальный приток.

Фактическое значение подачи насосной установки определяется расходомером.

Суточные затраты электроэнергии на водоотлив можно определить как:

$$E = \frac{\rho g H_r Q_c}{\eta_r \eta_d \eta_n \eta_c}$$

где E - суточные затраты электроэнергии; ρ - плотность шахтной воды; g - ускорение свободного падения; H_r - геометрическая высота трубопровода; Q_c - суточный приток; η_r - КПД трубопровода; η_d - КПД двигателя; η_n - КПД насоса; η_c - КПД сети;

Для конкретной водоотливной установки в числителе находятся постоянные величины. Следовательно, расход электроэнергии зависит от полного КПД водоотлива - $\eta_{п.} = \eta_r \eta_d \eta_n \eta_c$.

В процессе эксплуатации насосной установки, составляющие полного КПД ($\eta_r, \eta_d, \eta_n, \eta_c$) могут как уменьшаться, так и увеличиваться. Поэтому контроль необходимо вести по полному КПД - $\eta_{п.}$.

Определить фактическое полное значение КПД - $\eta_{п.ф.}$ можно раз в сутки, измерив счётчиком суточный расход энергии и определив откаченный суточный приток. Суточный приток замеряется по известной подаче насоса и времени его работы.

Эталонное полное значение КПД - $\eta_{п.э.}$ определяется расчётным путём исходя из условия, что всё задействованное оборудование находится в исправном состоянии. Расчёт производится согласно методикам расчёта водоотливных установок. В течение эксплуатации насосной установки, рабочие характеристики оборудования снижаются [4], что приводит к снижению указанных параметров.

2. Контроль нагнетательного трубопровода.

С течением времени вследствие механических отложений на внутренних стенках труб происходит увеличение гидравлического сопротивления трубопровода. Это приводит к уменьшению подачи насоса и увеличению затрат энергии на водоотлив. Поэтому контроль увеличения гидравлического сопротивления трубопровода позволит вовремя произвести профилактический осмотр трубопровода или его чистку.

Состояние нагнетательного трубопровода контролируется датчиком напора. Величина фактического гидравлического сопротивления нагнетательного трубопровода определяется по формуле:

$$\alpha_{н.ф.} = \frac{H_{т.ф.} - H_{н.}}{Q_{ф.}^2},$$

где $\alpha_{н.ф.}$ – фактическое гидравлическое сопротивление нагнетательного трубопровода; $H_{т.ф.}$ – показание датчика напора 8; $H_{н.}$ – геометрическая высота нагнетания, считая от места расположения датчика до выхода на поверхность; $Q_{ф.}$ – фактическая подача установки, определяемая расходомером 10.

Сравнивая между собой фактическое и эталонное значения гидравлического сопротивления, можно сделать вывод о состоянии трубопровода. Если разница окажется больше допустимой, это будет свидетельствовать, что нагнетательный трубопровод имеет завышенное сопротивление. Отрицательная разница свидетельствует о нарушении герметичности нагнетательного трубопровода. Эталонное значение гидравлического сопротивления нагнетательного трубопровода $\alpha_{н.э.}$ можно определить с помощью указанной формулы перед эксплуатацией насосной установки.

3. Контроль характеристик насоса.

К основным рабочим характеристикам насоса можно отнести напорную характеристику и характеристику КПД. Эталонные характеристики строят экспериментально как для новых насосов, так и после их капитальных ремонтов. Эти характеристики можно задать в виде интерполяционных уравнений:

$$\begin{aligned} H_{н.э.} &= H_0 + A Q_{ф.} - B Q_{ф.}^2 \\ \eta_{н.э.} &= \alpha Q - \beta Q_{ф.}^2 + \gamma Q_{ф.}^3 \end{aligned}$$

где $H_{н.э.}$ – эталонный напор насоса; $\eta_{н.э.}$ – эталонный КПД насоса; $Q_{ф.}$ – фактическая подача насоса; $H_0, A, B, \alpha, \beta, \gamma$ – интерполяционные коэффициенты данных уравнений. Для определения интерполяционных коэффициентов можно использовать методики [5], [6]. При подстановке в эти уравнения значения подачи насоса, определяемого расходомером – $Q_{ф.}$, получим эталонные параметры напора и КПД.

Если учитывать влияние частоты вращения двигателя, напорную характеристику необходимо представить в виде:

$$H_{н.э.} = \left(\frac{\eta_{ф.}}{\eta_0} \right)^2 H_0 + \frac{\eta_{ф.}}{\eta_0} A Q_{ф.} - B Q_{ф.}^2,$$

$\eta_{ф.}$ – фактическая частота вращения вала двигателя; η_0 – частота вращения, при которой определялась напорная характеристика насоса.

Эта зависимость получена с учётом уравнений пропорциональности:

$$\frac{\eta}{\eta'} = \frac{Q}{Q'}; \left(\frac{\eta}{\eta'} \right)^2 = \frac{H}{H'}$$

Q, H – подача и напор при частоте вращения η ;

Q', H' – подача и напор при частоте вращения η' .

Вследствие износа составных частей насоса (уплотнений рабочих колёс, вала, диска, разгрузки, рабочих колёс и т. д.), его характеристики снижаются, что приводит к уменьшению подачи насоса и может привести к увеличению энергозатрат на водоотлив.

Любой из вышеперечисленных износов составных частей насоса приводит к резкому снижению напорной характеристики [7], поэтому контроль неисправностей насоса достаточно вести по его напорной характеристике.

Фактический напор насоса определяется по формуле:

$$H_{н.ф.} = H_{м.} + H_{в.ф.} + h,$$

$H_{н.ф.}$ – фактический напор насоса; $H_{м.}$ – показания датчика напора; $H_{в.ф.}$ – показания датчика вакуума; h – высота расположения датчика напора над осью подводящей трубы.

Отклонение $H_{н.ф.}$ от $H_{н.э.}$ свидетельствует о неисправности насоса.

Фактическое значение КПД насоса - $\eta_{н.ф.}$ можно получить термометрическим методом специальным прибором.

4. Контроль разгрузочного устройства насоса.

В процессе эксплуатации насоса можно контролировать разгрузку осевого усилия. Контроль разгрузки осевого усилия осуществляется из условия, что из трубы разгрузки должно вытекать 2-6% перекачиваемой воды от номинальной подачи насоса, т. е.:

$$Q_{р.э.} = (0,02 \div 0,06) Q_{н.},$$

$Q_{р.э.}$ – эталонное значение расхода воды; $Q_{н.}$ – номинальная подача насоса.

Фактическое значение расхода воды из трубы разгрузки - $Q_{р.ф.}$ определяется расходомером 11. Недопустимые отклонения $Q_{р.э.}$ от $Q_{р.ф.}$ можно регистрировать автоматически, а потери воды $Q_{р.ф.}$ учитывать при расчётах фактической подачи воды насосом на поверхность.

5. Контроль состояния подводящего трубопровода.

Контроль состояния подводящего трубопровода на степень его засорения можно осуществлять по гидравлическому сопротивлению подводящего трубопровода, сравнивая эталонные и фактические значения.

Эталонное значение - $\alpha_{п.э.}$ получают расчётным или экспериментальным путём.

Фактическое значение - $\alpha_{п.ф.}$ определяется при известных показаниях датчиков высоты всасывания - $H_{вс.}$, фактической подачи насоса - $Q_{ф.}$ и фактической вакуумметрической высоты всасывания - $H_{в.ф.}$. Тогда:

$$\alpha_{п.ф.} = \frac{H_{в.ф.} - H_{вс.}}{Q_{ф.}^2}.$$

Если $\alpha_{п.ф.}$ оказалось больше $\alpha_{п.э.}$ на величину, превышающую допустимое значение, это говорит о том, что приёмный клапан или сетка сильно засорились.

Загрязнение трубопровода влечёт за собой уменьшение подачи насосной установки, возникновение кавитации.

Подсос воздуха в подводящем трубопроводе оказывает существенное влияние на основные характеристики насоса, но так как количество подсосываемого воздуха нельзя определить, то и учесть влияние подсоса нельзя. Поэтому подсос воздуха в подводящем трубопроводе будет регистрироваться как неисправность насоса.

Выводы. Предложенная эксплуатационная техническая диагностика позволит выявить скрытые неисправности, предупредить назревающие аварии, определить оптимальные сроки и объём работ по техническому обслуживанию или ремонту, прогнозировать ресурс работы оборудования. В целом эти мероприятия направлены на повышение надёжности и экономичности водоотлива.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гейер В. Г., Тимошенко Г. М. / Шахтные вентиляторные и водоотливные установки: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1987. – 270 с.
2. Кондратенко В. Г., Воронов А. Г. Выбор оборудования для контроля и диагностики центробежного шахтного насоса и его разгрузочного устройства. Геотехнології і охорона праці у гірничій промисловості: Зб. матеріалів регіональної наук.-практ. конф., Красноармійський індустріальний інститут ДонНТУ, 12 жовтня 2011 р. с. 144-145
3. Правила безопасности угольных и сланцевых шахтах. М., Недра, 1973.
4. Н. А. Богомолов. Закономерность изменения режимов работы шахтных водоотливных установок в процессе эксплуатации. Шахтные стационарные установки. Выпуск 26, М., Недра, 1972.
5. Игнатов А. В., Бондарь Ю. В. Определение коэффициентов уравнений, аппроксимирующих характеристические кривые шахтных насосов. Донецк, 1980 (Рукопись деп. в ЦНИИЭИуголь №1834).
6. Евтехова Р. В. Определение коэффициентов интерполяционных уравнений характеристик центробежных насосов на микрокалькуляторе «Электроника БЗ-34» Донецк, 1985 (Рукопись деп. в ЦНИИЭИуголь №3476).
7. Г. М. Нечушкин, А. И. Махинин. Анализ характерных износов основных деталей шахтных центробежных насосов. Шахтные стационарные установки. Выпуск 26. М., Недра. 1972.

В. Г. Кондратенко (канд. техн. наук, доц.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

В. Д. Гайдук

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ШАХТНИХ ВОДОВІДЛИВНИХ УСТАНОВОК

Анотація: В статті викладені методи і засоби експлуатаційної технічної діагностики, яка дозволяє підвищити економічність і надійність шахтної водовідливної установки. Методи діагностики охоплюють як водовідлив в цілому так і складове обладнання окремо

Ключові слова: експлуатаційна технічна діагностика, шахтна водовідливна установка, насос, трубопровід

V. Kondratenko (Ph.D, Associate Professor),

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

V. Gayduk

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

OPERETIONAL TECHNICAL DIAGNOSTICS OF MINE WATER-DRAINAGE INSTALLATIONS

Annotation: The article deals with the methods and means of operational technical diagnostics, which can increase the efficiency and reliability of mine water-drainage installations. Methods of diagnostics include both pumping in general and component equipment separately

Key words: operational technical diagnostics, mine water-drainage installation, pump, pipeline

В. Г. Крупко (канд. техн. наук., доц.),
Донбаська державна машинобудівна академія

М. Ю. Дорохов (канд. техн. наук., доц.)
Донбаська державна машинобудівна академія

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРИВОДІВ ВИКОНАВЧИХ МЕХАНІЗМІВ ЕКСКАВАТОРІВ З ПУЛЬСУЮЧИМ РУХОМ РОБОЧОГО ОРГАНА

Анотація: У статті розглядається можливість застосування хвильових ланцюгових передач в приводах одноківшових екскаваторів-драглайнів і механічних лопат. Показано, що за допомогою додаткового пульсуючого руху робочого органа можна досягти зниження енергоємності процесу руйнування ґрунтів за рахунок руйнування так званого «ядра» ґрунту, що переміщається перед ріжучою кромкою ковша.

Ключові слова: ланцюг, хвильовий привід, пульсуючий рух, ківш, екскаватор.

Вступ. Видобуток корисних копалин відкритим способом є одним з пріоритетних напрямків розвитку гірничої промисловості України. Основними машинами, що забезпечують робочий процес екскавації, а саме руйнування ґрунтів, наповнення ковша і транспортування його в межах робочого обладнання забезпечується одноківшовими екскаваторами-механічними лопатами і драглайнами [1]. Тому вдосконалення робочого процесу з метою зниження енергоємності є досить актуальною науково-технічною проблемою.

У джерелах, присвячених динамічному руйнуванню ґрунтів, наведені схеми для вібраційного, ударного, високошвидкісного руйнування ґрунтів, основи розрахунків. Процеси руйнування ґрунтів при змінній швидкості робочого органу дозволяють зменшити енергетичні витрати за рахунок періодичного руйнування «ядра» ґрунту, що знаходиться перед ріжучою кромкою робочого органу. Приводи землерийних машин на основі хвильової ланцюгової передачі для імпульсного руйнування ґрунтів дозволяють забезпечити створення необхідного пульсуючого руху ковша, що дозволяє отримати необхідний ефект. Тому роботи, присвячені розробці та дослідженню процесів руйнування ґрунтів за допомогою приводів хвильових ланцюгових передач являються досить актуальними.

Аналіз публікацій. В галузі землерийних машин завдання по зниженню енергоємності процесів руйнування ґрунтів знайшли широке відображення в роботах Белякова Ю.І. [1], В.А. Ветрова [2], Л.А. Хмара [3]. Одним із сучасних напрямків по зниженню енергоємності процесу копання ґрунтів вважається застосування динамічного руйнування [4], яке дозволяє на 30...40% підвищити ефективність роботи землерийних машин. На кафедрі ПТМ ДДМА розроблено хвильовий привід землерийних машин ефективність якого полягає в пульсуючому русі ковша, що підтверджується цілим рядом патентів і наукових розробок [5,6].

Мета і постановка задачі. Метою роботи полягає в обґрунтуванні параметрів приводів виконавчих механізмів з хвильовими ланцюговими передачами що забезпечують пульсуючий рух робочих органів в екскаваторів. Для дослідження мети були поставлені слідуючі задачі:

- провести аналіз конструкцій приводів землерийних машин та обґрунтувати можливість застосування хвильових ланцюгових передач для забезпечення пульсуючого руху робочих органів;
- навести принцип дії та методики розрахунків основних параметрів хвильових ланцюгових передач;
- розробити конструкцію приводів землерийних машин з пульсуючим рухом робочого органу;

провести експериментальні дослідження роботи такого привода та визначити його ефективність в порівнянні з існуючими.

Хвильові ланцюгові передачі в приводах землерийних машин. В сучасних землерийних і підйомно-транспортних машинах вирішується різноманітні задачі по забезпеченню ефективної взаємодії робочих органів з зовнішнім середовищем. Прикладом застосування приводів з нерівномірним «пульсуючим» рухом робочого органу можуть бути виконавчі механізми одноківшових екскаваторів в яких нерівномірність руху забезпечується застосуванням хвильової передачі в кінематичних схемах приводів.

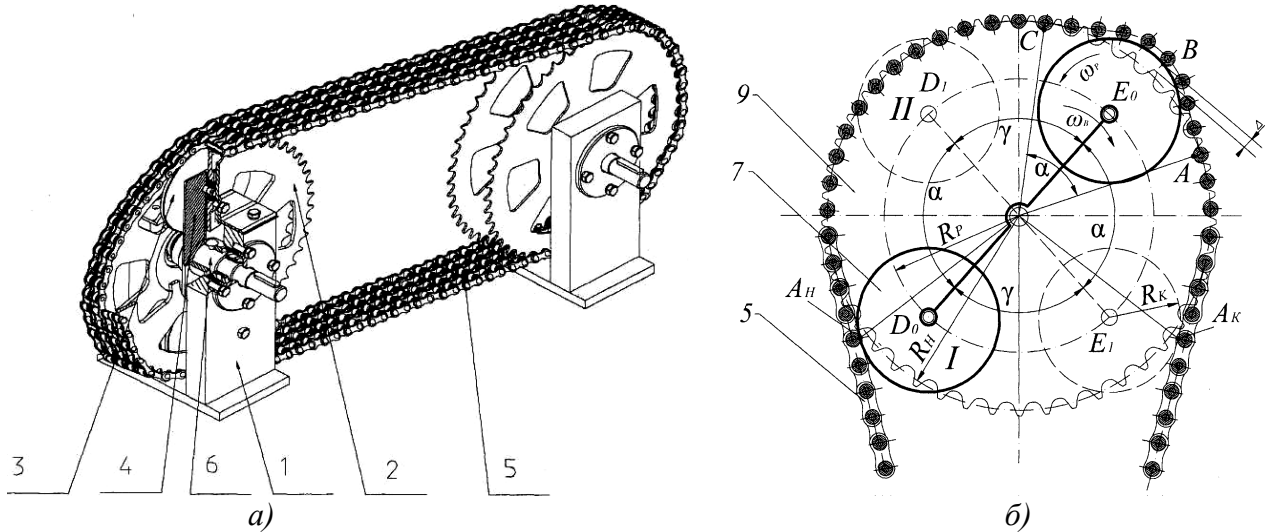


Рисунок 1 – Хвильова ланцюгова передача:

- а) 1 - корпус; 2 - нерухома зірочка; 3 - катки; 4 водило; 5 - ланцюг; 6 - приводний вал
б) Характерні положення центрів робочих котків водила відповідно нерухомих зірочок

Хвильова ланцюгова передача рис. 1.а забезпечує дискретність руху. Вона складається з корпусу 1, нерухомої зірочки 2, водила 4 з катками 3, ланцюги 5 і приводного валу 6. Таким чином, ківш отримує переміщення від двох барабанів відразу, один з яких надає руху пульсаційності, забезпечуючи, додатковий вплив на ґрунт, що розробляється, та зменшує сили необхідні на подолання опори ґрунту, а також знижує енергоємність процесу, за рахунок короткочасного збільшення швидкості різання.

Геометрична схема та основні параметри провідного елемента ланцюгової хвильової передачі наведені на рис. 1.б, звідки видно, що центри котків з радіусом r розміщені на колі радіусом R . Нерухома зірочка ланцюгової передачі може виконуватися з різним числом зубів, радіус дільного кола зірочки R_0 [5].

Привід працює таким чином. Водило отримує безперервне обертання з постійною кутовою частотою ω від двигуна. Коток, торкнувшись ланцюга в точці a_0 (положення центру котка I, рис.1.б), починає відводити ланцюг вліво-вгору, що відповідає подовжньому переміщенню ланцюга «знизу-вгору» і повороту барабана. У положенні центру котка II процес переміщення ланцюга закінчується, що відповідає значенню кута $\varphi = 2\alpha$. У цьому положенні ланцюг охоплює коток і зірочку по периметру abc .

При відсутності взаємодії котка з ланцюгом, тобто зміни положення котка щодо ланцюга (наприклад, при зупинці водила), остання перебуває в постійному зачепленні із зубами нерухомих зірочок і не переміщається, що гарантує зупинку виконавчого органу.

Очевидно, що обов'язкові умови усталеної роботи хвильової ланцюгової передачі:

$$\begin{cases} \Delta S = \Delta z \cdot t_{\text{ц}}; \\ \Delta = [R_p + R_k] - \left[R_H + 0,5t \left(0,5 + \text{ctg} \frac{180^\circ}{z} - \sin \frac{180^\circ}{z} \right) \right] > 0, \end{cases}$$

де Δz - різниця кількості кроків у периметрах ABC і AC ;

Δ - необхідний мінімальний зазор між виступами зубів нерухомих зірочок і багаторядним ланцюгом;

$t_{\text{ц}}$ - крок багаторядного ланцюга,

$0,5t \left(0,5 + \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{z} - \sin \frac{180^\circ}{z} \right)$ - висота головки зуба зірочки.

Кут, на який канатний барабан повертається за повний оберт водила

$$\varphi = \frac{k \cdot \Delta S}{\pi \cdot D_{\text{ср.в}}},$$

де k - кількість котків водила;

$D_{\text{ср.в}}$ - діаметр ділильної окружності ведених зірочок.

Час повороту канатного барабана (веденої зірочки) на кут φ

$$t_{\varphi} = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{\Delta S}{V_{\text{ц}}},$$

де $V_{\text{ц}}$ - швидкість переміщення багаторядного ланцюга;

ω - кутова швидкість водила.

Механізм залишається нерухомим протягом часу, що відповідає повороту водила на кут $\gamma = \pi - \alpha$.

Таким образом, час вистою виконавчого органу $t_B = \gamma / \omega$.

Очевидно, що багаторядний ланцюг при обертанні водила буде робити пульсуюче переміщення, дискретно повертаючи при цьому ведені зірочки механізму. Закони руху багаторядного ланцюга хвильового ланцюгового редуктора наведені на рис. 2, при цьому прийняті наступні позначення: S - переміщення, S' - аналог швидкості, S'' - аналог прискорення, ΔS - переміщення багаторядного ланцюга.

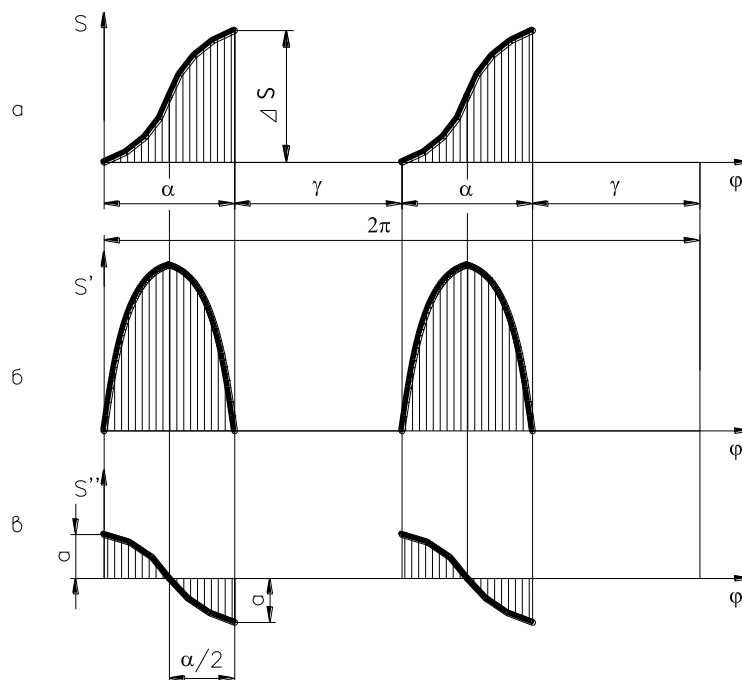


Рисунок 2 – Діаграми руху веденої ланки (а - діаграма шляху; б - діаграма аналога швидкості; в - діаграма аналога прискорення)



6

Тоді

$$S' = \int S'' d\varphi + C_1 = \int a \cos \frac{\pi}{\alpha} \varphi d\varphi = a \frac{\alpha}{\pi} \sin \frac{\pi}{\alpha} \varphi + C_1; \quad (2)$$

Константи C_1 й C_2 визначаються з умов $\alpha = 0$; $\varphi = 0$; $S' = 0$; $S'' = 0$.

Тоді $C_1 = 0$ й $C_2 = a \frac{\alpha^2}{\pi^2}$.

Залежності (2) і (3) приймають вид:

Амплітуда a аналога прискорення визначається з рівності (2.4) з умови, при якому $\varphi = a$.

Після підстановки $\Delta S = a \frac{2\alpha^2}{\pi^2}$, звідки $a = \frac{\pi^2}{2\varphi^2} \Delta S$.

Остаточні залежності (4) і (1) приймають вид:

Тому що рух веденої ланки в передачах такого типу пульсуюче, миттєва швидкість переміщення багаторядного ланцюга

$$V_{II}^{M2H} = S_{\Sigma} \cdot n = k \cdot \Delta z \cdot t_{II} \cdot n,$$

де n - число обертів вхідного вала хвильового ланцюгового редуктора.
Передаточне число хвильового ланцюгового редуктора

$$u_{B.ц.}^{мгн} = \frac{\pi \cdot D_D}{k \cdot \Delta z \cdot t_{ц}},$$

де k - кількість котків водила;

D_D - діаметр ділильної окружності веденої зірочки, $D_D = t_{ц} / \sin \frac{180^\circ}{z}$;

z - число зубів нерухомої зірочки.

Для визначення залежностей між параметрами хвильової ланцюгової передачі скористаємося схемою розташування котка щодо нерухомих зірочок (рис. 4, а) і схемою, що заміщає (рис. 4, б), при цьому введемо наступні позначення: $R_H = OA = OB$ - радіус окружності западин нерухомої зірочки; $R_p = OO_1$ - радіус центра котка; $R_K = O_1C = O_1D$ - радіус котка; R_B - радіус виступів нерухомої зірочки.

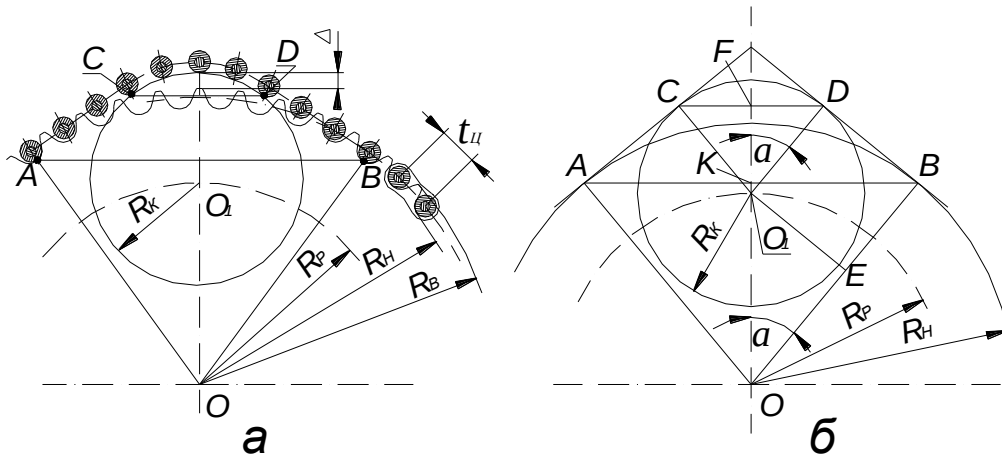


Рисунок 4 – До вибору раціональних геометричних параметрів хвильової ланцюгової передачі (а - схема передачі; б - схема, що заміщає)

Для забезпечення працездатності хвильової ланцюгової передачі необхідне виконання умов (рис. 4, а):

$$\begin{cases} (ACDB) - (AB) = \Delta z \cdot t_{ц}; \\ R_p + R_K > R_B, \end{cases} \quad (6)$$

де Δz - різниця числа кроків у периметрах $ACBD$ і AB (обов'язково ціле число, що визначає передаточне число).

З рис. 4, б: $EB = O_1D = R_K$; $OE = OB - EB = R_H - R_K$.

Тому що прямі, яким належать точки A й C (B і D) є дотичними одночасно до окружностей OB і O_1D , те відрізки OB й O_1D паралельні, відповідно кути FO_1D й KOB рівні α .

Із прямокутного трикутника OO_1E : $\alpha = \arccos \frac{R_H - R_K}{R_p}$.

Довжина дуги AB

$$AB = \frac{\pi \cdot 2\alpha}{180} \cdot R_H = 3,5 \cdot R_H \cdot \arccos \frac{R_H - R_K}{R_p} \cdot 10^{-2}. \quad (7)$$

Периметр $ACBD$ складається із двох прямолінійних ділянок рівної довжини AC й BD , і дуги CD :

$$AC = BD = O_1E = \sqrt{(OO_1)^2 - (OB - EB)^2} = \sqrt{R_p^2 - (R_H - R_K)^2}. \quad (8)$$

Довжина дуги CD

$$CD = \frac{\pi \cdot 2\alpha}{180} \cdot R_K = 3,5 \cdot R_K \cdot \arccos \frac{R_H - R_K}{R_p} \cdot 10^{-2}. \quad (9)$$

Використовуючи отримані формули (8) і (9) остаточно довжина периметра $ACBD$

$$ACDB = 3,5 \cdot R_K \cdot \arccos \frac{R_H - R_K}{R_p} \cdot 10^{-2} + 2\sqrt{R_p^2 - (R_H - R_K)^2}. \quad (10)$$

Тоді, користуючись отриманими вище вираженнями (7) і (10) і першою умовою системи (6), одержимо залежність між геометричними параметрами хвильової ланцюгової передачі:

$$\begin{aligned} & 3,5 \cdot R_K \cdot \arccos \frac{R_H - R_K}{R_p} \cdot 10^{-2} + 2\sqrt{R_p^2 - (R_H - R_K)^2} - \\ & - 3,5 \cdot R_H \cdot \arccos \frac{R_H - R_K}{R_p} \cdot 10^{-2} = \Delta z \cdot t_{ц}. \end{aligned} \quad (11)$$

Остаточно після перетворень

$$3,5 \cdot (R_K - R_H) \cdot \arccos \frac{R_H - R_K}{R_p} \cdot 10^{-2} + 2\sqrt{R_p^2 - (R_H - R_K)^2} = \Delta z \cdot t_{ц}. \quad (12)$$

Дана методика дає можливість визначити основні геометричні та кінематичні параметри хвильової ланцюгової передачі. Основними з яких є: фіктивний радіус котка, кут повороту водила, переміщення ланцюга, кут оберту канатного барабана, середнє значення передатного відношення.

На кафедрі ПТМ ДДМА розроблені приводи виконавчих механізмів землерийних машин які забезпечують додаткове навантаження від дії хвильового ланцюгового приводу, що призводить до виникнення більш поширених зон руйнування, зменшуючи необхідну силу копання та витрати електроенергії на технологічний процес, а також зменшується імовірність зупинки екскаватора в разі зіткнення ковша з більш щільною породою.

Тим самим вирішується проблема статичності руйнування ґрунту, що вимагає значних енерговитрат та високої кваліфікації машиніста екскаватора.

Він складається із рукояті 1, ковша 2, блоків стріли 3, підйомних канатів 4,5, редуктора 6, хвильового ланцюгового редуктора 7, асинхронних електродвигунів 8,9, підйомної лебідки ланцюгового хвильового приводу 10, підйомної лебідки класичного приводу 11 [5].

На рис.5 зображений підйомний механізм екскаватора [5]. Підйомний механізм екскаватора працює таким чином. Від хвильового ланцюгового редуктора 7 за допомогою підйомної лебідки 9 робочому органу 2 завдається рух вкупі з рухом підйомної лебідки 10 здійснюється підйом ковша та руйнування ґрунту. Опускання ковша та розвантаження відбувається без участі хвильового ланцюгового приводу. Такий привід забезпечує пульсуючий рух ковша що зменшує енергозатрати при копанні ґрунту.

У ґрунтовому каналі 1 (рис. 5.б) ківш 2 переміщається за допомогою тягового канату 6 що проходить через блоки 3 і 4 і закріпленого на двох лебідках: А – з ланцюговим хвильовим приводом, В – з класичним приводом. Привід «А» складається з електродвигуна 7, циліндричного редуктора 9, від якого через муфту момент, що крутить, передається на хвильову ланцюгову передачу 8, а потім на барабан 10, через ланцюг 5 і рухливу зірочку 11.

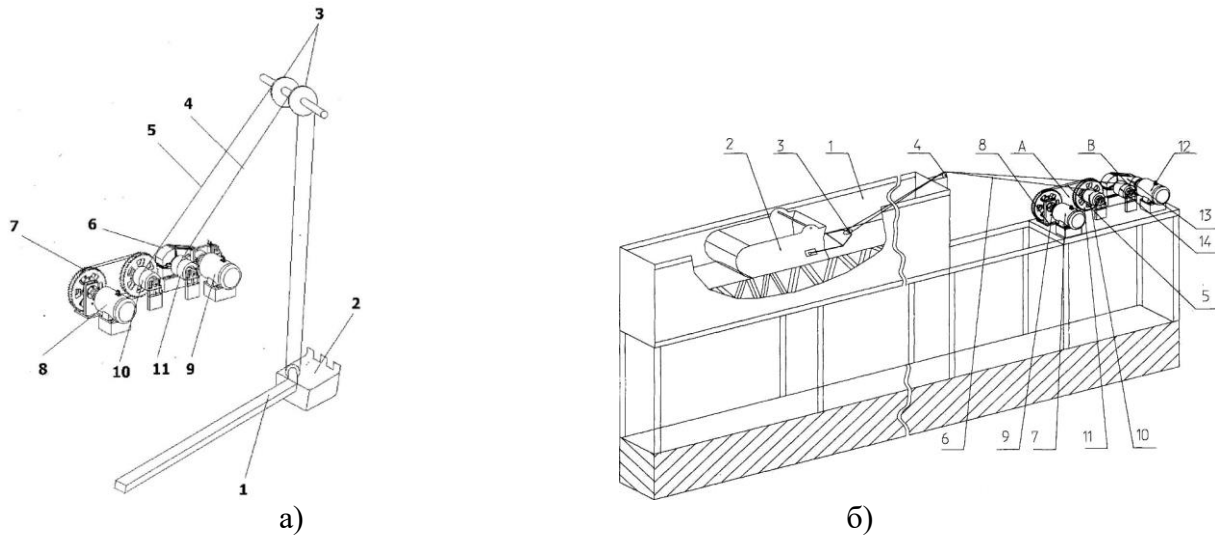


Рисунок 5 – Моделі виконавчих механізмів екскаваторів
а) механічної лопати; б) драглайна

Дослідження впливу динамічного руйнування на зниження енергоємності проводилися в лабораторії кафедри ПТМ, на установці (рис.5.б), яка дозволяє проводити спектр наукових досліджень відносно параметрів приводів землерийних машин на підставі застосування хвильової ланцюгової передачі (рис. 5.б). Використання комбінованого типу приводу, є новим рішенням в області зниження енергоємності процесу копання. Комбінований типу приводу ґрунтований на застосуванні хвильової ланцюгової передачі [6], яка надає процесу копання динамічний тип руйнування за рахунок додаткових пульсуючих навантажень на ґрунт, що розробляється, а також за рахунок зменшення вірогідності зупинок у разі зіткнення робочого органу(ковша) з міцнішою породою.

Експериментальні дослідження на лабораторній установці по дослідженню процесу руйнування ґрунтів ковшем драглайна проводились у відповідності з сучасним станом планування експериментів [3], а обробка їх результатів дозволила отримати залежності енергоємності процесу копання [6]. Так в результаті експериментів по використанню комбінованого приводу встановлено що енерговитрати на руйнування ґрунтів ковшем драглайна можливо зменшити на 15...17% в порівнянні з класичним приводом.

Висновки. Запропоновано принцип дії та методика визначення основних геометричних параметрів хвильової ланцюгової передачі, та розглянуті сфери, в яких були застосовані хвильові ланцюгові передачі в конструкціях підйомного механізму екскаватора, де додатково включається хвильовий ланцюговий привод на основі хвильового ланцюгового редуктора, асинхронного електродвигуна, а також підйомної лебідки ланцюгового хвильового приводу. Додаткове нерівномірне навантаження від дії ланцюгового приводу призводить до виникнення більш поширених зон руйнування, зменшуючи необхідну силу копання та витрати електроенергії на технологічний процес. Це також зменшує імовірність зупинки екскаватора в разі зіткнення ковша з більш щільною породою.

Експериментальні дослідження роботи хвильового ланцюгового приводу тяги драглайна показали, що застосування комбінованого типу приводу, в порівнянні із стандартним, веде до зменшення 15...17% енергоємності процесу копання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Беляков, Ю.И. Совершенствование технологи выемочно-погрузочных работ на карьерах / Ю.И. Беляков. – М.: Недра 1977.–295с.
2. Ветров, Ю.А., Машины для специальных земляных работ/ Ю.А. Ветров, В.Л. Баладинский, – К.: Высшая школа 1980. – 192 с.
3. Хмара Л.А., Курочка В.И. Многофакторные исследования рабочего процесса ковша экскаватора с гидроуправляемой челюстью, Научные работы ПДАБА №99, 2005. – с.80-85.

4. Баладинский В.Л., Абрашкевич Ю.Д. Механика динамического разрушения грунтов. - К.: Техника строительства, 1999. – 160с. ISBN 0-203-37502-5.
5. Пат. 19928U Украина, МПК E02F3/18. Підйомний механізм екскаватора/ Крупко В.Г., Хмара Л.А., Дорохов М.Ю. Альошичев П.В.; заявник і патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія - №4200900340; заявл. 19.04.2006, опубл. 2007р. Бюл. №1.
6. Крупко В.Г., Альошичев П.В. Экспериментальные исследования разрушения грунтов на стенде с комбинированным приводом на основе волновой цепной передачи // Вісник ДДМА, 2011, №2(23) – с.79-82.
7. Дорохов, Н.Ю. Динамическое гашение колебаний мостовых кранов с применением волновых цепных передач : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.05 : защищена 22.05.07 : утв. 27.08.07 / Дорохов Николай Юрьевич. – Харьков, 2007. – 111 с.

В. Г. Крупко (канд. техн. наук., доц.),

Донбасская государственная машиностроительная академия

Н. Ю. Дорохов (канд. техн. наук., доц.)

Донбасская государственная машиностроительная академия

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЭКСКАВАТОРОВ С ПУЛЬСИРУЮЩИМ ДВИЖЕНИЕМ РАБОЧЕГО ОРГАНА

Аннотация: В статье рассматривается возможность применения волновых передач в приводах экскаваторов-драглайнов и механических лопат. Показано, что с помощью дополнительного пульсирующего движения рабочего органа можно достичь снижения энергоемкости процесса разрушения грунтов за счет разрушения так называемого «ядра» грунта, который движется впереди режущей кромки ковша.

Ключевые слова: *цепь, волновой привод, пульсирующее движение, ковш, экскаватор.*

V. Krupko (Ph.D, Associate Professor),

Donbass State Engineering Academy

M. Dorokhov (Ph.D, Associate Professor)

Donbass State Engineering Academy

THE SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF THE DRIVES OF THE EXECUTIVE MECHANISMS OF THE EXCAVATORS WITH THE PULSED MOVEMENT OF THE WORKING BODY

Annotation: The article possibility of the use of wave transmission in drives of dragline excavators and mechanical shovels. It is shown that with the help of an additional pulsating motion of the working body can be achieved by reducing the energy intensity of the process of destruction of soil due to the destruction of so-called "core" of the soil, which moves in front of the cutting edge of the bucket.

Key words: *chain, wave drive, pulsating motion, bucket.*

Н. М. Фідровська (д-р техн. наук, проф.),
Українська інженерно-педагогічна академія

А. О. Ломакін
Українська інженерно-педагогічна академія

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕННЯ В ДРОТИНІ КАНАТУ ПРИ НАБІГАННІ НА БЛОКИ І БАРАБАНИ

Анотація: В статті розглянута задача визначення додаткових зусиль, які виникають при намотці канату на барабани і згині на блоках. Розглянутий елемент каната, який переходить з прямої ділянки до згинання на блоці.

При цьому в ньому виникають розтягуючі (або стискаючі) сили, які приводять до руйнування дротинки канату.

Запропонований новий розрахунок, який базується на класичній теорії, а саме законі Гука.

Зроблено порівняння отриманих розрахункових значень до експериментальних.

Ключові слова: деформація дроту, згин каната, блок, барабан, канат, дротина.

Постановка проблеми. Питання напруженого стану каната являються досить актуальними на протязі всього часу експлуатації підйомних установок.

Аналіз попередніх досліджень. Дослідження багатьох відомих вчених, таких як Б.С. Ковальський [1-3], М.Ф. Глушко [4, 5], І.Ф. Нікітін [6, 7], В.А. Маліновський [8, 9] та інших закордонних дослідників [10-12] показали, що найбільші напруження в канаті виникають саме в точці набігання канатом на блок або барабан, там де до напружень розтягнення канату додаються напруження згину. Було встановлено, що на ділянках переходу від прямого до зігнутого в канаті виникають додаткові напруження.

І.Ф. Нікітін [6, 7] враховував розповсюдження додаткових напружень дротинки не тільки в бік прямої гілки канату, але і в бік блоку. Були розглянуті крайні значення натягнення на довжині кроку каната з урахуванням їх подальшого періодичного повторення.

Мета статті. Існуючі рішення приводять до дуже складних розрахунків і не дають кінцевих розрахункових формул. Крім цього, вони мають суттєвий недолік – в них відсутні умови сумісності деформації елементів в канаті. Ця стаття спрямована на пошук нового та спрощеного рішення даної проблеми.

Викладення основного матеріалу дослідження. Розглянемо положення дроту в поперечному перерізі канату в полярних координат r і φ (рисунк 1).

Якщо елемент канату, який дорівнює чверті кроку канату, тобто $\frac{S}{4}$ починає згинатися на блоці радіусом R , він займає положення на дузі АВ. Довжина дротинки змінюється і може бути визначена наступним чином

$$l_1 = \sqrt{R^2 + (R+r)^2 - 2R(R+r)\cos\beta}, \quad (1)$$

де r – радіус канату,

β – кут, який утворюється між відрізками ОА і ОВ..

Довжина дротинки АС буде дорівнювати

$$l = \frac{S}{4\cos\alpha}, \quad (2)$$

де α – кут звивання дротинки.

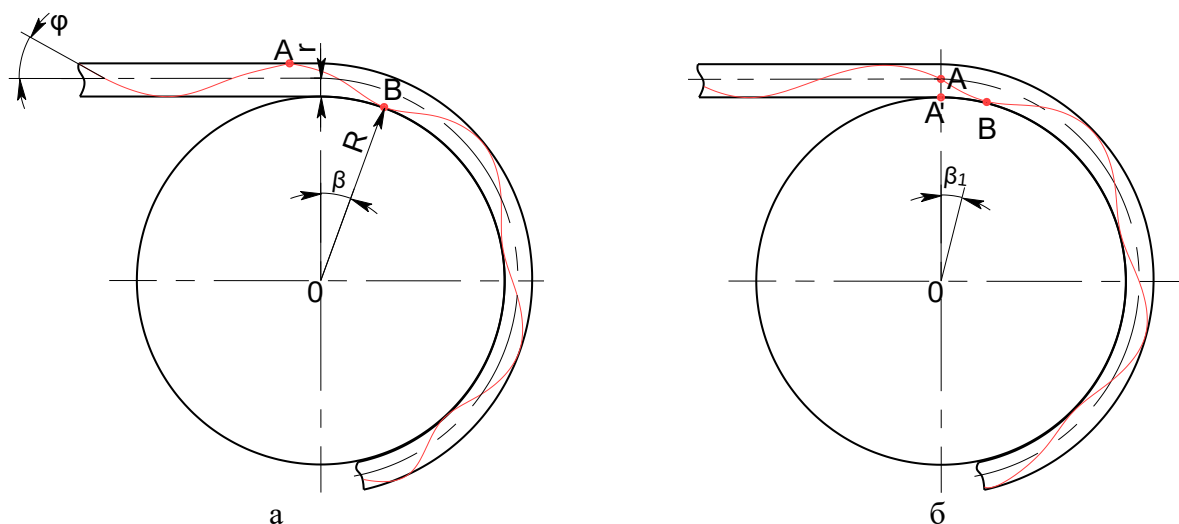


Рисунок 1 - Положення дроту в поперечному перерізі канату в полярних координатах r і φ

Тоді отримаємо деформацію дротинки при згині канату на довжині $\frac{S}{4}$

$$\Delta l = l_1 - l \quad (3)$$

Визначаємо силу, яка виникає при деформації дротинки

$$F = \frac{EA\Delta l}{l_1} \quad (4)$$

Де E – модуль пружності;

A – площа перетину дротинки канату.

Якщо елемент канату дорівнює половині кроку пасма (рис.1,б), то

$$l_1 = \sqrt{R^2 + (R + 2r)^2 - 2R(R + 2r)\cos\beta} \quad (5)$$

Ми провели дослідження експериментальних даних, отриманих І.Ф.Нікітіним [7] та побудували графіки залежності зусиль розтягнення в дротинках каната до початку згину (рисунок 2) і додаткових зусиль при згинанні на блоці (рисунок 3).

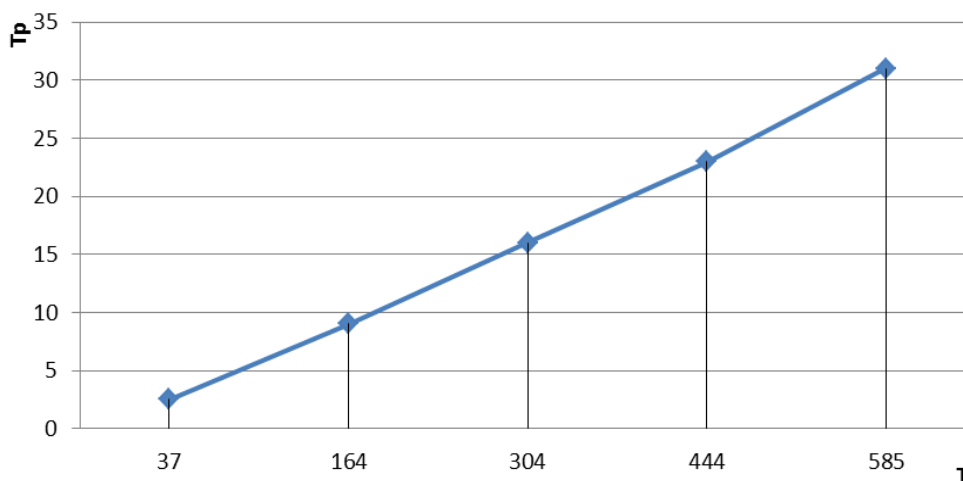


Рисунок 2 - Зусилля розтягнення в дротинках каната до початку згину

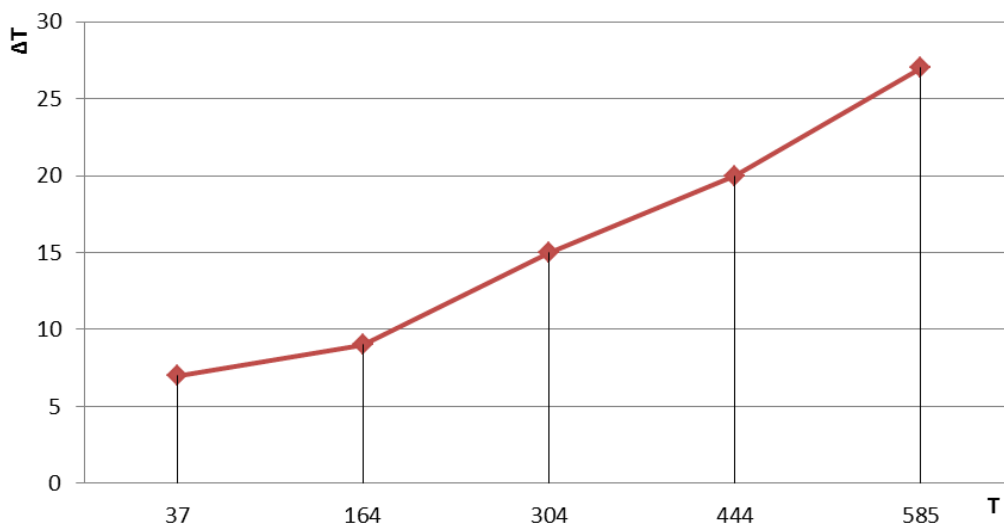


Рисунок 3 - Додаткові зусилля в дротинках канату при згині його на блоці

Ми зробили порівняння значень додаткових зусиль в дротині канату, отриманих в експериментах І. Ф. Нікітіна $\Delta T_{\text{ник}}$ і розрахунками по формулі (4) $\Delta T_{\text{роз}}$ і занесли в таблицю 1.

Таблиця 1 - Порівняння експериментальних та розрахункових даних

Радіус R (мм)	$\Delta T_{\text{ник}}, \text{Н}$	$\Delta T_{\text{роз}}, \text{Н}$
76	288	236
132	109	104,2
76	280	237

Висновки. Як бачимо з результатів порівняння наведених в таблиці 1 розроблений нами розрахунок дає добре співпадання з експериментальними даними (близько 5%) Що свідчить про адекватність запропонованої розрахункової методики.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковальский Б.С. Грузоподъемные машины, канаты, блоки, барабаны. Харьков., ХВКИУ., 1961.-196с.
2. Ковальский Б.С. Механическое оборудование. Элементы грузоподъемных устройств,-Х.: ХВКИУ, 1971,-340с.
3. Ковальский Б.С. Нагрузка барабана подъемной машины витками каната, Доклады АН СССР, т.75,№6,1950-с.779-782.
4. Глушко М.Ф. Определение напряжений в проволоках спиральных канатов при изгибе. Труды Харьковского Горного ин-та, т.У1, 1958.
5. Глушко М.Ф., Волоконский В.Ф. Изгиб проволок каната при контакте его со шкивом. "Известия вузов. Горный журнал", №10, 1962.
6. Никитин И.Ф. О схеме решения переходных процессов при формировании изогнутого каната в области набегания на шкив / Горная электромеханика и автоматика // Харьков, Изд-во ХГУ, 1968. №.10. С. 22-37.
7. Никитин И.Ф., Щербак О.В. Исследование изгиба каната на блоках // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2007. № 38. С. 108-110
8. Малиновский В.А. Стальные канаты. Часть I. Некоторые вопросы технологии, расчета и проектирования. - Одесса, Астропринт, 2001. - 187с.
9. Малиновский В.А. Стальные канаты. Часть 2. Основы теории изгиба и взаимодействия с опорной поверхностью. - Одесса, Астропринт, 2002. - 180с.
10. Sun Jianfang, Wang Guilian, Zhang Haiou. FE analysis on the laying process of wire rope based on parametric design. Wire Journal International, 2005, 38(6). P. 60-64.

11. Jose R.M. de Sousa, Marcos Q. de Siqueira, Gilberto B. Ellwanger, Lea M.B. Troina, Marcio M. Mourelle, Luis Claudio S. Costa. Numerical Analysis of Wire Ropes Considering Coupled Extensional and Torsional Behaviour // Proceedings of the Eleventh (2010) International Offshore and Polar Engineering Conference Stavanger, Norway, June 17-22, 2010, P. 281 -287.

12. Leng, M. Parametrische Modellierung eines einlagigen Rundlitzenseils mit Kunststoffmantel // Mitteilungen aus dem Institut für Maschinenwesen der Technischen Universität Clausthal. 2010. №35. P. 83-88.

Н. Н. Фидровская (д-р техн. наук, проф.),

Украинская инженерно-педагогическая академия

А. А. Ломакин

Украинская инженерно-педагогическая академия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ПРОВОЛОКЕ КАНАТА ПРИ НАБЕГАНИИ НА БЛОКИ И БАРАБАНЫ

Аннотация: В статье рассмотрена задача определения дополнительных усилий, возникающих при намотке каната на барабане и сгибе на блоках. Рассмотрен элемент каната, который переходит с прямого участка к изогнутому на блоке.

При этом в нем возникают растягивающие силы (или силы сжатия), которые приводят к разрушению проволок каната.

Предложен новый расчет, который базируется на классической теории, а именно на законе Гука.

Проведено сравнение полученных расчетных значений с экспериментальными.

Ключевые слова: деформация проволоки, изгиб каната, блок, барабан, канат, проволока.

N. M. Fidrovskaya (Doctor of Technical Sciences, Professor),

Ukrainian Engineering Pedagogics Academy

A. O. Lomakin

Ukrainian Engineering Pedagogics Academy

THE DETERMINATION OF THE STRESSES IN THE WIRE OF STEEL WIRE ROPE AT CLASH ON THE BLOCKS AND DRUMS

Annotation: The article considers the problem of determining the extra effort that occurs when the steel wire rope winding on the drum and the bend on the blocks. Considered the steel wire rope element, which goes from a straight section to the curved on the block.

In this case there arise tensile force (or compression force), which lead to the destruction of wires of the steel wire rope.

The proposed new calculation, which is based on the classical theory, namely Hooke's law.

A comparison of the calculated values with the experimental ones.

Key words: wire deformation, steel wire rope bending, block, drum, steel wire rope, wire.

Е. Н. Любименко (канд. физ.-мат. наук, доц.),
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

В. И. Митин
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ РАСХОДА ПАРА НА ТЭС В ТУРБИНЕ К 50-90 ПРИ ВВЕДЕНИИ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПОДОГРЕВА ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

Аннотация: В работе приведены обоснования расчетов и определено, что в современной ТЭС, при условии применения регенеративного подогрева питательной воды паром из отбора в смешивающемся подогревателе, расход пара на турбину К 50-90 уменьшился на $13.41 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$, а КПД увеличилось на 6%.

Ключевые слова: турбина, теплоэлектростанция, пар, электроэнергия, регенеративный подогрев, питательная вода.

Постановка проблемы. Для повышения экономичности цикла паротурбинной установки необходимо увеличивать среднюю температуру подвода теплоты в цикле. Поэтому большое значение имеет повышение температуры питательной воды, т.е. температуры, с которой начинается подвод теплоты в цикле. Этого можно достичь, если применить принцип регенерации теплоты.

Цель статьи. Показать читателю, как влияет регенеративный подогрев на экономичность цикла паротурбинной установки.

Изложение основного материала. Под регенерацией в тепловых циклах понимают использование теплоты рабочего тела, совершившего механическую работу, на другом участке цикла. Наиболее подходящим для осуществления регенерации является участок нагрева питательной воды (рисунок 1).

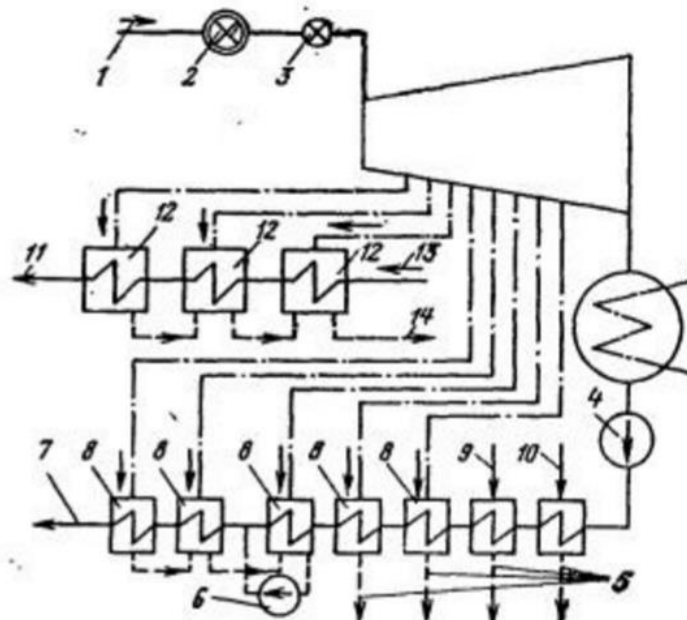


Рисунок 1 - Принципиальная тепловая схема турбоустановки К-50-90

1 – свежий пар; 2,3 – стопорный и регулирующий клапаны; 4 – конденсатный насос; 5 – слив конденсата греющего пара в конденсатор; 6 – сливной насос; 7 – подача конденсата в деаэрактор; 8 – ПНД; 9 – пар из уплотнений; 10 – выхлопной пар эжектора; 11 – питательная вода в котел; 12 – ПВД; 13 – питательная вода от питательного насоса; 14 – слив конденсата греющего пара в деаэрактор.

В схеме К-50-90 выигрыш от регенерации в пределах первых ступеней низкого давления существенно снижен вследствие недогрева. Характерной особенностью графика является заметное изменение наклона кривой выигрыша в пределах узловых ступеней подогрева.

Использование регенерации для турбины позволяет получить определенный выигрыш. Этот выигрыш показан на рисунке 2.

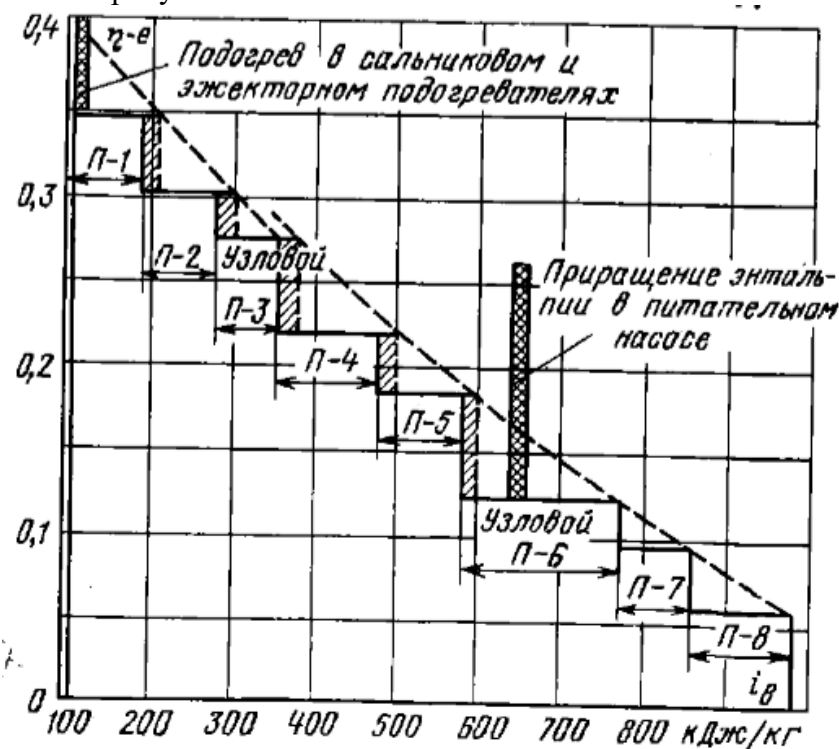


Рисунок 2 - График выигрыша от регенерации для турбины К-50-90

Зависимость относительного КПД установки от температуры питательной воды при разном числе ступеней подогрева определяется по зависимости на рисунке 3.

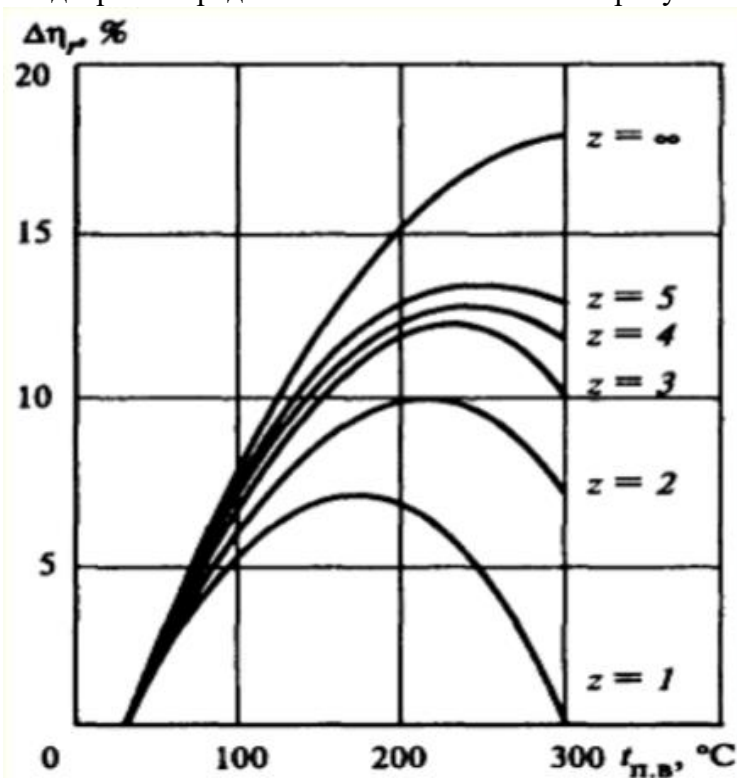


Рисунок 3 - Зависимость относительного КПД установки от температуры питательной воды при разном числе ступеней подогрева

Из этого графика следует ряд выводов.

1. Чем больше число отборов и подогревателей (z), тем выше КПД цикла.
2. Максимум КПД достигается при оптимальном значении температуры питательной воды для установки с заданным z .

3. С увеличением числа ступеней регенеративного подогрева питательной воды оптимальная температура питательной воды увеличивается.

4. С увеличением числа z прирост термического КПД замедляется.

5. Каждый последующий отбор оказывает все меньшее влияние на повышение КПД.

На практике в энергетических ПТУ паротурбинных установках применяют 7–8 ступеней регенеративного подогрева питательной воды. Это позволяет повысить термический КПД ПТУ на 15–17 %.

Выгода от применения регенерации заключается:

- а) в снижении термодинамической необратимости процесса подвода теплоты;
- б) в снижении потерь теплоты в холодном источнике.

Энергетический коэффициент регенерации рассчитывается по формуле :

$$A^p = \frac{\sum_{j=1}^n \alpha_j (h_0 - h_j)}{\alpha_k (h_0 - h_k)},$$

где:

h_0 —энтальпия пара перед турбиной, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$;

h_k —энтальпия пара в конденсаторе, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$;

A^p — Энергетический коэффициент регенерации.

КПД паротурбинной установки (ПТУ) с регенеративным подогревом питательной воды (РППВ)

$$\eta_i^{\text{рег}} = \eta_i \frac{1 + A^p}{1 + A^p * \eta_i},$$

где:

A^p — энергетический коэффициент регенерации;

η_i — внутренний КПД установки, %.

Анализ исследований. Отследим как измениться расход пара на турбину К 50-90 и КПД, если будет применен регенеративный подогрев питательной воды паром из отбора $P_{\text{отб}} = 1 \text{ МПа}$, в смеси подогревателя до температуры $t_{\text{пит}} = 100^\circ\text{C}$; $P_0 = 3.5 \text{ МПа}$; $t_0 = 435^\circ\text{C}$; $\eta_{oi} = 0,82$; $\eta_z = 0,92$; $P_{\text{конд}} = 5 \text{ кПа}$; $N = 12 \text{ МВт}$

Расход пара на турбину рассчитывается по формуле Гриневецкого В.И.:

$$D_\tau = D + y * D_{\text{отб}} = \frac{N}{(h_0 - h_{\text{кк}}) \eta_{oi} \eta_z} + D_{\text{отб}} * \frac{(h_{\text{отб}} - h_{\text{к}})}{(h_0 - h_{\text{к}})},$$

где:

y — коэффициент недовыработки мощности пара турбины;

α — доля отбора для смешивающих подогревателей;

$$D_{\text{отб}} = \alpha * D_\tau,$$

$D_{\text{отб}}$ —расход пара из отбора в турбине на регенеративный подогрев конденсата, кг/с;

$$\alpha = (h_{\text{пв}} - h_{\text{к}}) / (h_{\text{отб}} - h_{\text{пв}})$$

α —доля отбора для смешивающих подогревателей;

$$D_\tau = \frac{D}{1 - \alpha y},$$

D_T – расход пара на турбину; кг/с

y – коэффициент недовыработки мощности пара турбиной;

$$h_{отб} = 2650 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \text{ при } 100^\circ\text{C и } P_{отб} = 1 \text{ МПа,}$$

$h_{отб}$ – энтальпия отбора пара, $\text{М} \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$;

$$\begin{aligned} h_{пв} &= 413 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \\ \alpha &= \frac{413 - 137}{2650 - 137} = 0,1 \\ D_T &= \frac{13 \cdot 10^3}{1 - 0,1 \cdot 0,33} = 13,41 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \\ \eta_T^p &= \frac{(h_0 - h_{кс}) \cdot (1 - \alpha y)}{h_0 - h_{пв}} = \frac{((3300 - 2120) \cdot (1 - 0,1 \cdot 0,33))}{3300 - 413} = 0,395 \\ \Delta \eta_T &= (\eta_T^p - \eta_T) / (\eta_T) \cdot 100\% = (0,395 - 0,37) / 0,37 \cdot 100\% \\ \Delta \eta_T &= 6\% \end{aligned}$$

Таким образом, проведенные расчеты показывают, что расход пара на турбину К 50-90 уменьшился на $13,41 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$, а КПД увеличился на 6%, если применять регенеративный подогрев питательной воды паром из отбора в смещающемся подогревателе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вукалович М.П., Новиков И.И. Термодинамика. – М.: Машиностроение, 1972-672 с.
2. Григорьева В.Н., Зорин А.П. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника
3. Кириллин В.А. и др. Техническая термодинамика. – М.: Энергоатомиздат, 1983-425с.
4. Шелудченко В.И., Кравцов В.В., Волкова О.Г. Техническая термодинамика. – Севастополь-Донецк: Вебер, 2004.-300с.
5. Казанцев Е.И. Промышленные печи. – М.: Металлургия, 1975-368 с.

О. М. Любименко (канд. физ.-мат. наук, доц.),

ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

В. И. Мітін

ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

ОЦІНКА ЗМІНИ ВИТРАТИ ПАРИ НА ТЕС В ТУРБІНІ К-50-90 ПРИ ВВЕДЕННІ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПІДГРІВУ ЖИВИЛЬНОЇ ВОДИ

Анотація: У роботі наведено обґрунтування розрахунків і визначено, що в умовах сучасної ТЕС, за умови застосування регенеративного підігріву живильної води паром з відбору в змішувальному підігрівачі, витрата пара на турбину К 50-90 зменшилась на $13,41 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$, а ККД збільшився на 6%.

Ключові слова: турбіна, теплоелектростанція, пар, електроенергія, регенеративний підігрів, живильна вода.

E. Lubimenko,
Donetsk national technical University
V. Mitin
Donetsk national technical University

ESTIMATION OF CHANGES IN STEAM EXPENDITURE AT TPP IN TURBINE K-50-90 BY INTRODUCING OF REGENERATIVE SUPPLY WATER HEATING

Annotation: The paper provides justification for the calculations and it is determined that under the conditions of modern thermal power plant, with the use of regenerative supply water heating by steam from the selection in the mixing heater, the steam consumption for turbine K 50-90 decreased by $13.41 \cdot 10^3 \frac{kg}{s}$, and the efficiency increased by 6%.

Key words: turbine, thermal power plant, steam, electric power, regenerative heating, supply water.

УДК 62-83.621

А. М. Мінтус (канд. техн. наук, доц.),
ПНТУ ім. Юрія Кондратюка «Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка»

С. О. Куценко
ПНТУ ім. Юрія Кондратюка «Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка»

СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПЕЧІ ВІДПАЛУ СКЛОВИРОБІВ СКЛАДНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ

Анотація: Проаналізовано можливість впровадження автоматизованої системи керування відпалом скловиробів в конвеєрних печах безперервної дії з комплексуванням енергоджерел на основі 3-х рівневої ієрархічної структури, причому розподіл завдань між рівнями ієрархії здійснюється на основі диференціації функцій, покладених на систему, і їх ранжирування

Ключові слова: ієрархічна структура, технологічний процес, мікропроцесорна система, об'єкт керування.

Постановка проблеми. Скло належить до універсальних матеріалів, що знайшли широке застосування в різноманітних сферах людської діяльності. При виробництві скловиробів процес відпалу за енергоємністю стоїть на другому місці після варіння скломаси. Реалізація режимів відпалу скла породжує наступні конфліктуючі ситуації: зниження тривалості відпалу вигідне з точки зору енергетичних витрат, але веде до збільшення тимчасової і залишкової напруги в склі, що негативно позначається на міцності виробу і може спричинити їх руйнування як на етапі термообробки, так і при подальшій експлуатації; навпаки, збільшення часу відпалу добре позначається на споживчих властивостях продукції, але веде до зростання енергетичних витрат, а також до зниження продуктивності. Отже, вибір раціональних режимів відпалу скловиробів з урахуванням вимог, що пред'являються до якості виробів складної геометричної конфігурації, дозволить понизити собівартість продукції, що випускається, за рахунок впровадження енергозберігаючих технологій.

Аналіз попередніх досліджень. Існуючі системи автоматичного керування печою підрозділяються на безперервні системи стабілізації температури та швидкості протягування сітчастого конвеєра і цифрові (мікроконтролерні) системи керування із змінюваною програмою стабілізації тих же змінних технологічного процесу, що являється, двозв'язковим

об'єктом керування. У безперервних системах керування прийнята класична схема побудови системи стабілізації по каналу регулювання температури, де як датчики температури використовуються термопари або терморезистори, а пристрій керування побудований на базі автоматичного потенціометра, що виконує функції задаючого і порівнюючого пристроїв. Сигнал розузгодження є основою для керування нагрівачами. Заданий температурний режим по довжині тунеля електропечі ПЕУ-323 забезпечується разом з нагрівачами ще і охолоджувальними пристроями - вентиляторами, що подають зовнішнє повітря в канали, що примикають до бічних сторін і верхньої частини тунеля, що обігрівается. Керування вентиляторами здійснюється підсистемою програмно-логічного керування. Стрічка сітчастого конвеєра керується за допомогою системи стабілізації швидкості обертання двигуна, побудованої за принципом зворотного зв'язку. Впровадження обчислювальних машин, що керують, при створенні систем автоматизації технологічного процесу відпалу привело до створення централізованих АСК ТП, при цьому функції керування намагалися в максимальному ступені зосередити в центральному керуючому обчислювальному комплексі(КОК).

При такій побудові АСК ТП живучість всієї технологічної системи значною мірою залежала від надійності КОК. Відмова КОК була пов'язана з великими втратами, могла привести до зупинки обладнання і навіть до аварії на технологічній лінії.

Існуючий автоматизований комплекс на базі промислового контролера "Реміконт Р-130" ефективно вирішує завдання безперервного і логічного регулювання технологічних величин, має органи оперативного керування, контролю і індикації. Його функціональні можливості включають:

- строгу номенклатуру електричних сигналів входів/виходів;
- реалізацію широкого кола алгоритмів керування;
- наявність готових алгоритмічних блоків;
- ручне налаштування параметрів;
- безударна зміна режимів роботи;
- об'єднання до 15 контролерів в єдину обчислювальну мережу, що вирішує загальну задачу керування;
- запис в ППЗП запрограмованої інформації.

Застосування застарілих мікропроцесорних комплексів, незважаючи на ряд достоїнств, має істотні недоліки, які впливають з умови морального старіння такого обладнання, що несе інтелектуально-інформаційне навантаження в системі, і рішення схемотехніки :

- в таких системах відсутня можливість гнучкої перебудови режимів відпалу при переході до інших типорозмірів скловиробу з причини обмеженості обчислювальної потужності, що не дозволяє реалізовувати складні алгоритми розрахунку раціональних режимів відпалу;

- системи такого типу критичні до відстаней між функціональними елементами, які не повинні допускати падіння рівня інформаційного сигналу при його проходженні по лініях зв'язку, що обмежує охоплювану площу технологічного процесу і примушує застосовувати додаткові транслятори і репітери сигналів;

- при відмові одного з локальних регуляторів системи потрібна зупинка усього технологічного процесу, або відключення одного локального контура регулювання для заміни пошкодженого блоку;

- при відмові керуючого обчислювального комплексу або диспетчера мережі потрібна зупинка усього технологічного процесу;
- обслуговування централізованої САК такого типу вимагає висококваліфікованих робочих кадрів, що вміють без наявного діагностичного обладнання або програмного забезпечення швидко і точно визначити причину несправної роботи системи;

- існує обмеження в застосуванні такого мікропроцесорного обладнання по причині складності, а іноді і неможливості поєднань функцій контролю і керування, з одного боку, і діагностики технічного стану газового обладнання, яке використовується при реалізації

принципу комплексування енергоносіїв, з іншого боку, що дуже важливо через високу вибухонебезпеку газу.

Перераховані недоліки вимагають їх обов'язкового усунення шляхом розробки як досконаліших методів розрахунку режимів відпалу та їх швидкого введення в якості параметричних уставок, так і застосування сучасних технічних засобів керування, що допускають швидку і гнучку зміну законів керування, наприклад, шляхом створення керуючих програм для мікроконтролерів системи автоматизації, написаних в середовищі TraceModeLagoon.

Мета статті. Розробити структуру автоматизованої системи керування відпалом скловиробів в конвеєрних печах безперервної дії з комплексуванням енергоджерел, що реалізовує синтезовані алгоритми раціональних режимів відпалу скловиробів складної геометричної конфігурації.

Матеріал і результати дослідження. При виробництві скловиробів важливою операцією технологічного процесу є відпал, що забезпечує в результаті певного режиму охолодження виробу розподіл механічної напруги в склі, що гарантують відсутність мимовільних руйнувань або руйнувань від зовнішніх механічних та теплових впливів при експлуатації.

Керуючи роботою електронагрівачів і вентиляторів, можна створювати в залежності від об'єму печі потрібне поле температур, а керуючи приводом стрічки конвеєра, можна регулювати швидкість процесу відпалу.

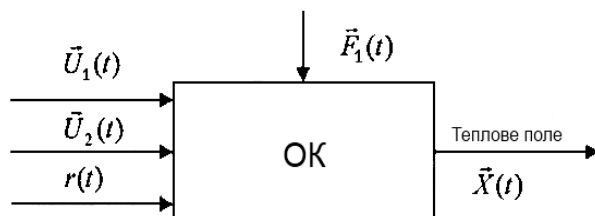


Рисунок 1 - Піч для відпалу скловиробів як об'єкт керування (ОК)

Таким чином, піч як об'єкт керування можна представити у вигляді багатозв'язкового об'єкту керування (рис.1) з декількома входами і одним виходом : вектор $U_1(t)$ є вектором керуючих впливів, компонентами якого є парціальне керування $\{u_i(t)\}$, що визначають стан електронагрівачів при використанні ТЕНів, а у разі застосування газового палива - стан дросельних заслінок подачі газу на форсунки; $U_2(t)$ - вектор керуючих впливів, що визначає режими роботи вентиляторів та їх інтенсивність; $r(t)$ – керуючі впливи, що визначають стан приводу решітчастого конвеєра, тобто що здійснюють стабілізацію швидкості протягування скловиробів; $F(t)$ - вектор обурюючих впливів, компоненти якого визначаються з одного боку температурним станом зовнішнього середовища, а з іншого боку характеризують коливання завантаження конвеєра; $X(t)$ - вектор стану об'єкту керування, тобто теплового поля, що створюється в секціях печі.

Зважаючи на складність технологічного процесу застосування автоматизованих систем керування процесом термообробки скловиробів складної геометричної конфігурації з розвиненими функціями контролю і управління дозволить зменшити енергоспоживання і питомі енергетичні витрати і, зрештою, понизити собівартість продукції, що випускається, при збереженні її споживчих властивостей.

В основу синтезу системи автоматизації печі, а точніше технологічного процесу відпалу скловиробів складної конфігурації в печі покладені принцип ієрархічності структури і ранжирування функцій, математичні моделі процесу відпалу скловиробів. Виходячи з цих положень, універсальна система автоматичного керування процесом відпалу в печі може будуватись як розподілена ієрархічна система, причому розподіл завдань між рівнями ієрархії здійснюється на основі диференціації функцій, покладених на систему, і їх ранжирування.

Універсальна САК процесу відпалу скловиробів в печі з комплексними джерелами енергії повинна забезпечувати наступні функції:

- розрахунок технологічних режимів відпалу скловиробу для заданого оператором типорозміру на основі математичного моделювання;
- контроль і діагностику технологічного і електронного обладнання системи;
- пуск технологічного обладнання, безпечний розпал та керування процесом горіння газових пальників;
- виведення печі на розрахунковий технологічний режим;
- збір, обробку і аналіз інформації про стан об'єкту керування (по різних координатах керування);
- формування керуючих впливів;
- передачу керуючих впливів на виконання і контроль цієї передачі;
- реалізацію і контроль керуючих впливів;
- обмін інформацією між різними рівнями ієрархії та з взаємозв'язаними автоматизованими системами.

Легко помітити, що в кожній групі функцій можна виділити локальні завдання і глобальні, що вирішуються вже на основі інтегрованої інформації. У відповідності з цими властивостями потрібно всі вирішувані завдання сформулювати в три групи і кожен з груп віднести до відповідного рівня ієрархії розподіленої системи автоматизації. Завдання збору і первинної обробки інформації звичайно віднести до нижнього рівня ієрархії, тому цей рівень апаратно являє собою сукупність периферійних пристроїв по відношенню до обчислювальної керуючої мережі. Сюди окрім інтелектуальних датчиків входять виконавчі пристрої. Чим вище по рівню ієрархії знаходиться пристрій, тим більше функцій на нього покладається і тим більшим об'ємом інформації він може оперувати. На другому рівні ієрархії вирішуються завдання безпосереднього цифрового керування, що реалізуються на базі мікропроцесорного контролера. Одночасно тут закладаються можливості по рішенням завдань контролю працездатності і діагностики, що забезпечує надійність системи і безпеку функціонування.

Верхній рівень ієрархічної системи автоматичного керування будується на основі персонального IBM - сумісного комп'ютера. Він повинен задовольняти ряду вимог, а саме: мати плату ISA або com-порт для зв'язку з пристроями контролю і керування, мати відповідне програмне забезпечення і операційну систему Windows, оскільки більшість засобів програмного забезпечення, а також використовується для написання керуючих програм SCADA - система TraceModelagoon написані під цю операційну систему.

Таким чином, функціональна схема системи автоматизації технологічного процесу відпалу виробів складної конфігурації в печі з комплексними джерелами енергії може бути представлена у вигляді 3-рівневої ієрархічної структури (рис.2).

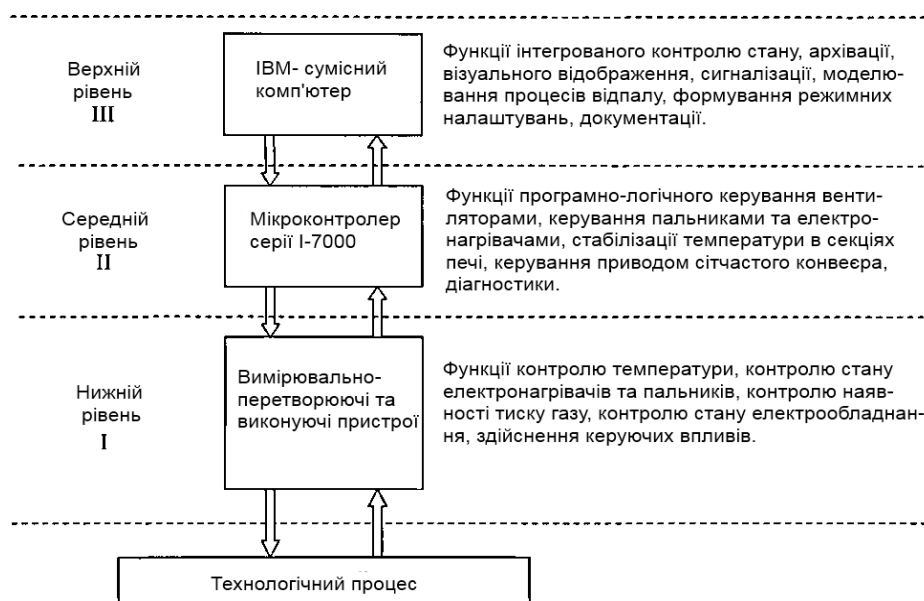


Рисунок 2 - Трирівнева ієрархічна структура функціональної схеми системи автоматизації ТП відпалу скловиробів в печі

Використання персонального комп'ютера (ПК) як пристрою верхнього ієрархічного рівня відображення інформації дозволяє стежити за ходом технологічного процесу з місця оператора, що важливо при роботах з агресивними середовищами та позбавляє людину від роботи в небезпечній зоні. Крім того він дозволяє передавати необхідну інформацію по мережі Internet на віддалені термінали.

На рис.3 представлений варіант реалізації ієрархічної мережевої обчислювальної керуючої системи, на модулях серії I7000.

Для зв'язку ПК з мікроконтролерами середнього рівня ієрархії можуть використовуватися модуль I7520 або плата ISA-7520R. Модуль I7520 перетворює сигнали інтерфейсу RS-232 в RS-485. Плата ISA-7520R встановлюється в ISA-роз'єм комп'ютера і виконує ті ж функції, що і однойменний модуль. Цей модуль можна застосовувати в структурі системи без мікропроцесора. Мікропроцесор за допомогою своїх портів має можливість працювати з приведеними інтерфейсами сигналів залежно від порту- приймача.

Для реалізації роботи процесорного модуля I7188 існує цілий ряд пристроїв збору інформації про технологічний процес, що включають блоки введення-виведення аналогових сигналів, розраховані на 1-8 каналів; блоки введення- виведення дискретних сигналів(до 16 каналів); введення сигналу з термопар різних уніфікованих типів, терморезисторів, тензодатчиків; лічильники частоти; блоки релейного виведення та ін. На базі пристроїв цього типу можливе сполучення пристроїв автоматики і технологічного процесу, тобто об'єкту автоматизації.

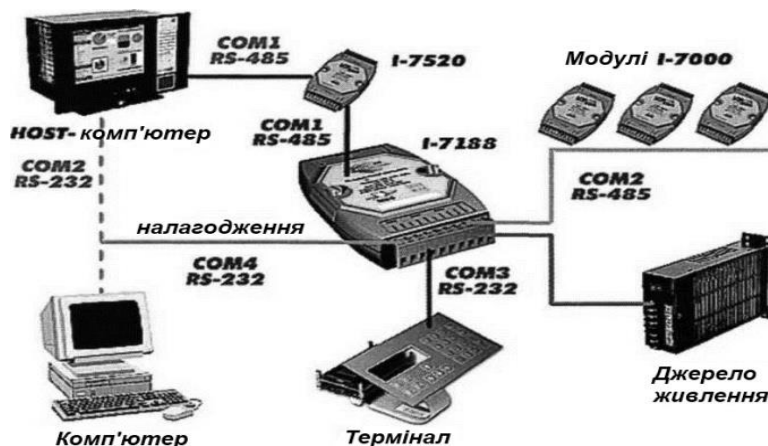


Рисунок 3 - Приклад побудови ієрархічної розподіленої АСК ТП на базі модульного виконання мікроконтролерів серії I7000

Модуль I7188 є процесорним модулем. З його допомогою і під його контролем здійснюється процес керування одним технологічним об'єктом. Модуль має чотири СОМ-порта для зв'язку з різними пристроями перетворення інформації. В числі таких пристроїв комп'ютер, модем дротяного або безпроводного зв'язку. Модуль може здійснювати контроль роботи не лише своєї локальної частини виробничого циклу, але і використовуватися як дублюючий пристрій на випадок відмови такого ж блоку суміжної ділянки технологічного процесу. Для цього схемотехнічно має бути реалізована можливість обміну технологічними змінними між цими блоками.

Віддалений термінал введення-виведення з чотирьохрядковим дисплеєм DK-8070 призначений для введення і виведення інформації за допомогою системи меню. Є можливість програмування клавіш цього функціонального блоку, задання режимів роботи з клавіатури, діагностика обладнання, тобто такий блок може як дублювати роботу ПК, так і повністю замінювати його на етапі експлуатації обладнання.

Висновки. Таким чином, проведений аналіз показує, що застосування автоматизованої системи керування процесом термообробки скловиробів складної геометричної конфігурації з розвиненими функціями контролю і управління дозволить зменшити енергоспоживання і питомі енергетичні витрати і, зрештою, понизити собівартість продукції, що випускається, при збереженні її споживчих властивостей. Маючи в

розпорядженні сучасну мікропроцесорну системи автоматизації технологічного процесу відпалу вирішуються також завдання розширення номенклатури скловиробів, поява оригінальних геометричних форм, які використовуються в архітектурі при оформленні внутрішніх інтер'єрів будівель, або при виробництві тарного скла.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аттетков А.В. Методы оптимизации //А.В. Аттетков, С.В. Галкин, В.С. Зарубин. – М.: Изд-во МГТУ, 2011. – 500 с.
2. Бобух А.О. Автоматизовані системи керування технологічними процесами. Навч.посібник. – Харків ХНАМГ, 2006. – 186с.
3. Гулоян Ю. А. Технология стекла и стеклоизделий / Ю. А. Гулоян. – Владимир: Транзит-Икс, 2003. – 480 с.
4. Левицкий И. А. Теплотехнические установки и агрегаты предприятий производства стекла. Расчет стекловаренной печи / И. А. Левицкий, Ю. Г. Павлюкевич. – Минск: БГТУ, 2006. – 232 с.
5. Проць Я.І., Савкін О.К., Лящук О.Л. Автоматизація виробничих процесів. Навч. посібник. – Тернопіль: ТНТУ ім.І.Пулля, 2011. – 344с.
6. Черевко О.І., Кіптела Л.В., Михайлов В.М. Автоматизація виробничих процесів. Підручник. – Харків, 2014. – 186 с.
7. Фурман І.О. Мікропроцесорні пристрої програмного керування. Навч. посібник. – М-во освіти України. – К., 2000. – 88с.

А. Н. Минтус (канд. техн. наук, доц.),

ПНТУ им. Юрия Кондратюка «Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка»

С. А. Куценко

ПНТУ им. Юрия Кондратюка «Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка»

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПЕЧИ ОТЖИГА СТЕКЛОИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

Аннотация: Проанализирована возможность внедрения автоматизированной системы управления отжигом стеклоизделий в конвейерных печах непрерывного действия с комплексированием энергоисточников на основе 3-х уровневой иерархической структуры, причем распределение задач между уровнями иерархии осуществляется на основе дифференциации функций, возложенных на систему, и их ранжирования

Ключевые слова: иерархическая структура, технологический процесс, микропроцессорная система, объект управления.

A. Mintus (Candidate of Engineering Sciences)

«Poltava national technical Yuri Kondratyuk university»

S. Kutsenko

«Poltava national technical Yuri Kondratyuk university»

SYNTHESIS OF THE AUTOMATION SYSTEM OVENS FOR ANNEALING GLASSWARE COMPLEX CONFIGURATION

Annotation: The possibility of introducing an automated control system for annealing glassware in continuous conveyor furnaces with the integration of energy sources based on a three-level hierarchical structure is analyzed, and the distribution of tasks between levels of hierarchy is carried out on the basis of differentiating the functions assigned to the system and their ranking

Key words: Hierarchical structure, technological process, microprocessor system, control object.

Е. М. Нємцев (ст. викл. каф. ЕМА),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Д. Д. Євтушенко

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ОПТИМІЗАЦІЯ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ЗА ПРИНЦИПОМ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СУМІСНОСТІ ПРОЦЕСУ

Анотація: Розглянуто негативний ефект впливу пружних механічних зв'язків при збудженні коливань зі зростанням рівня динамічного навантаження на електричне та механічне обладнання приводу; доводиться, що пружні механічні ланки призводять до відхилення перехідних процесів від вимог технологічних процесів.

Ключові слова: *електропривод, двигун, перетворювач, елементна база, передавальна функція, структурна схема, електромеханічна система, синтез, демпфування, коливання.*

Постановка проблеми. Розрахункові статичні та динамічні показники керованих електроприводів обмежуються не тільки властивостями двигуна, керованого перетворювача, елементної бази, але й параметрами пружних механічних передач.

Негативний ефект впливу пружних механічних зв'язків проявляється в динаміці при збудженні коливань зі зростанням рівня динамічного навантаження на електричне та механічне обладнання приводу, що призводить до передчасного виходу механічних вузлів та деталей з ладу. Пружні механічні ланки призводять до відхилення перехідних процесів від вимог технологічних процесів.

Аналіз попередніх досліджень. Відомо, що електропривод в окремих випадках спричиняє демпфуючу дію на коливання в пружній механічній передачі, що виводить на перший план фундаментальну задачу обмеження динамічного навантаження в електромеханічній системі технологічних машин.

В своїй книзі [1] Ключев В.І. зазначив що обмеження динамічного навантаження досягається формуванням оптимальних перехідних процесів електроприводу, що забезпечують при накладених обмеженнях максимум продуктивності механізму. Вирішення цього завдання в загальному вигляді зводиться до вирішення його універсальними математичними методами знаходження оптимальних законів керування, розробленими в загальній теорії оптимального управління.

Мета статті. Метою статті є оптимізація динамічних параметрів електропривода для забезпечення дотримання точності технологічних процесів, за допомогою гасіння електромеханічних коливань.

Викладення основного матеріалу дослідження. В практиці проектування машин та в теорії електроприводу проблематика гасіння електромеханічних коливань розглянута з наступних позицій: інтерпретація дії на електропривод збурення за навантаженням як коливання моменту пружної механічної частини, підсилення електромеханічного зв'язку при взаємодії електромагнітної та механічної частин загальної електромеханічної системи.

Розв'язання задач першого напрямку дозволяє сформулювати перехідні процеси з заданими показниками динаміки для координат електромагнітної частини як розімкненої, так і замкненої систем.

Структурна схема електромеханічної системи (ЕМС) в узагальненому вигляді для задач першого напрямку дослідження наведена на рис. 1.

Передавальна функція, що характеризує прикладений до валу двигуна пружний момент $m_y(p)$ – вихідна координата механічної підсистеми, має вигляд:

$$W_y(p) = \frac{T_{M2}p}{\gamma T_y^2 p^2 + 1} \quad (1)$$

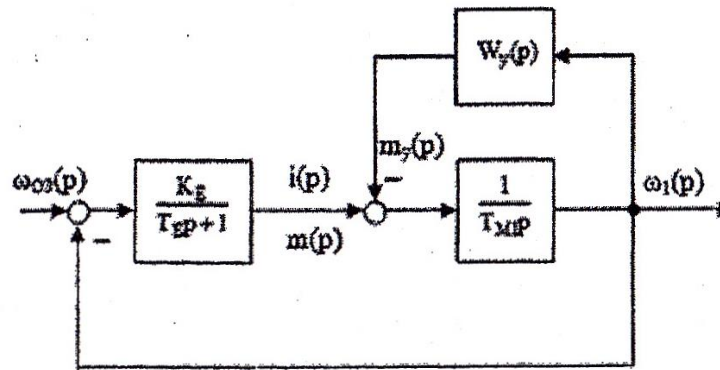


Рисунок 1 – Структурна схема електромеханічної системи

На структурній схемі у відносній формі параметрів прийнято наступні визначення:

$K_E = U_H / I_H \cdot R_E$ – коефіцієнт передачі електромагнітної підсистеми за моментом (струмом);

$T_E = L_E / R_E$ – електромагнітна постійна часу;

$T_{M1} = J_1 \omega_H / M_H$, $T_{M2} = J_2 \omega_H / M_H$ – механічна постійна часу двигуна;

$T_{M2} = J_2 \omega_H / M_H$ – механічна постійна часу механізму;

$\gamma = (J_1 + J_2) / J_1 = (T_{M1} + T_{M2}) / T_{M1}$ – коефіцієнт розподілення інерційних мас двигуна та механізму;

$T_Y = 1 / \Omega_{12}$ – постійна часу пружних коливань;

Ω_{12} – частота вільних коливань двомасової системи.

Синтез електромеханічних систем в задачах другого напрямку заснований на ефекті сумісності процесів парціальних окремих частин приводу з відводом та перетворенням енергії пружних коливань. Ступінь сумісності процесів визначається коефіцієнтом електромеханічного зв'язку K_V та швидкістю перетворення енергії з коефіцієнтом демпфірування ξ_D [2].

Демпфуюча дія розглядається при аналізі характеристичного рівняння ЕМС при представленні процесів сумісності структурною схемою рис. 2.

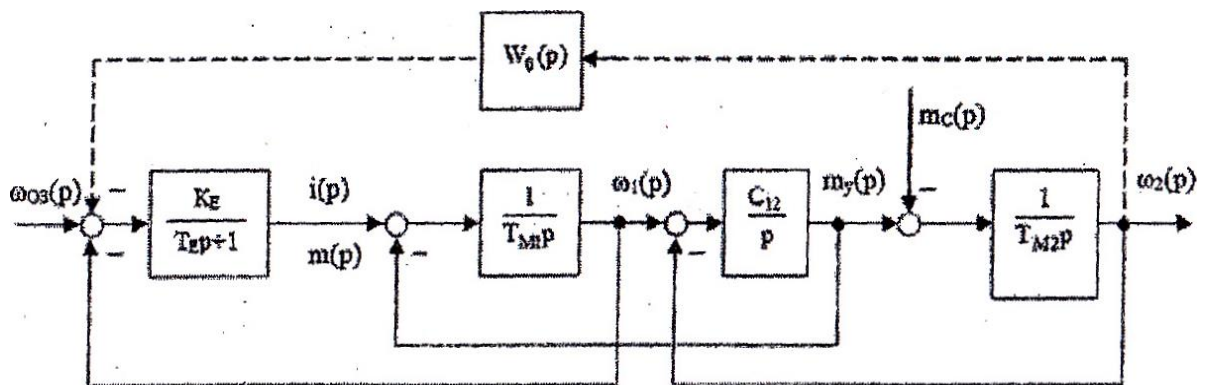


Рисунок 2 – Структурна схема приводу для сумісності процесів в парціальних частинах

Узагальнений аналіз та синтез ЕМС спрощується при використанні форми нормування у вигляді узагальнених параметрів [3], на базі якої отримаємо характеристичний поліном, що описує властивості системи, представлені структурною схемою на рис. 2.

$$Q_1(p) = \gamma T_{M1} T_E T_y^2 p^4 + \gamma T_{M1} T_y^2 p^3 + \gamma (T_{M1} T_E + K_E T_y^2) p^2 + \gamma T_{M1} p + K_E \quad (2)$$

Цей характеристичний поліном у вигляді узагальнених показників набуває вигляду:

$$Q_1(p) = \gamma K_B T_y^4 p^4 + 2\gamma \sqrt{K_B \xi_D} T_y^3 p^3 + \gamma(1 + K_B) T_y^2 p^2 + 2\gamma \sqrt{K_B \xi_D} T_y p + 1 \quad (3)$$

Демпфуюча дія електроприводу оцінюється за розташуванням коренів характеристичного рівняння $Q(p) = 0$ на комплексній площині. Максимальний ступінь гасіння коливань досягається за умов повної тотожності процесів в електромагнітній та механічній частинах приводу, коли корені є кратними та комплексно-спряженими.

Параметри оптимальної за критерієм мінімуму коливальності в ЕМС зв'язані співвідношеннями [3]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{T_{M1}}{K_E} &= 2 \sqrt{K_B^0 \xi_D^0 T_y} \\ T_E &= \frac{\sqrt{K_B^0 T_y}}{2 \xi_D^0} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Обрання параметрів електромеханічної системи за наведеними співвідношеннями дозволяє забезпечити процеси з компенсацією в динаміці впливу пружних сил системи силами інерційними.

При практичній реалізації демпфуючих властивостей електроприводу важливо мати оцінку ступеня демпфування для оптимальної електромеханічної системи та співвідношення параметрів в межах існуючих в реальних системах коефіцієнтів γ . З цією метою були розраховані співвідношення параметрів оптимальної електромеханічної системи з показниками еквівалентної жорсткої одномасової системи. Результати розрахунків зведені в таблицю 1, де для характерних коефіцієнтів демпфірування ξ ($0 < \xi \leq 1,0$) наведено співвідношення параметрів електромагнітної частини та повної системи приводу одномасової та двомасової систем відповідно.

Таблиця 1 – Співвідношення параметрів одномасової та двомасової системи

№ п/п	Коефіцієнт демпфування ξ	Коефіцієнт розподілення інерційних мас γ	Співвідношення параметрів електродвигуна, системи та коефіцієнт демпфування електромагнітної частини					
			Одномасова			Двомасова		
			розрахункова схема			розрахункова схема		
			$\frac{T_{M1}}{T_E}$	ξ_{D0}	$\frac{T_M}{T_E}$	$\frac{T_{M1}}{T_E}$	ξ_D	$\frac{T_M}{T_E}$
1	0,25	1,25	1/5	$1/2\sqrt{5}$	0,25	4/5	$1/\sqrt{5}$	1,0
2	$\sqrt{2}/4$	1,5	1/3	$1/2\sqrt{3}$	0,5	4/3	$1/\sqrt{3}$	2,0
3	0,5	2,0	1/2	$\sqrt{2}/4$	1,0	2,0	$\sqrt{2}/2$	4,0
4	$\sqrt{2}/2$	3,0	2/3	$\sqrt{2}/2\sqrt{3}$	2,0	8/3	$\sqrt{2}/\sqrt{3}$	8,0
5	1,0	5,0	4/5	$1/\sqrt{5}$	4,0	16/5	$2/\sqrt{5}$	16,0

Висновки. Аналіз результатів розрахунків свідчить про те, що максимальний ступінь демпфування для рівних величин співвідношення динамічних параметрів T_M/T_E досягається в двомасовій системі за рахунок зростання коливальності.

З аналізу таблиці 1 також можна зробити висновок проте, що граничне демпфування в двомасовій електромеханічній системі з коефіцієнтом демпфірування $\xi = \sqrt{2}/2$ досягається вибором співвідношення параметрів $T_M/T_E = 8$.

Максимум електромеханічної взаємодії та сумісності процесів можливий для параметрів $T_M/T_E = T_y^2$ при коливальному характері вивільнення енергії з механічної частини приводу з коефіцієнтом демпфірування в електромагнітній частині $\xi_D = \sqrt{((\gamma-1)/\gamma)}$

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

9. Ключев В.И., Жильцов Л.В., Калашников Ю.П. Состояние и перспективы развития теории электропривода с упругими механическими связями // Электричество. – 1981. – №7. – С. 29-32.
10. Задорожний Н.А., Задорожня И.Н. Оптимизация процессов преобразования энергии электромеханического взаимодействия в электроприводах с упругими связями // Тематический выпуск «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика» научно-технического журнала «Электроинформ». – Львов: Экоинформ, 2009. – С. 80-81.
11. Земляков В.Д., Задорожний Н.А. О демпфировании электроприводом упругих электромеханических колебаний // Изв. вузов. Электромеханика. – 1985. – С. 99-92.
12. Борцов Ю.А. Автоматизированный электропривод с упругими связями/ Ю.А.Борцов, Г.Г. Соколовский. – СПб.: Энергоиздат, 1992. – 228 с.

Э. Н. Немцев (ст.преп. каф. ЭМА),

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Д. Д. Евтушенко

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ОПТИМИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПО ПРИНЦИПУ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПРОЦЕССА

Аннотация: Рассмотрен негативный эффект влияния упругих механических связей при возбуждении колебаний с ростом уровня динамической нагрузки на электрическое и механическое оборудование привода; доказываемся, что упругие механические звенья приводят к отклонению переходных процессов от требований технологических процессов.

Ключевые слова: *электропривод, двигатель, преобразователь, элементная база, передаточная функция, структурная схема, электромеханическая система, синтез, демпфирование, колебания*

Eduard Nemtsev,

Industrialnyi institut of SHEE «Donetsk National Technical University»

Dmitrii Evtushenko

Industrialnyi institut of SHEE «Donetsk National Technical University»

OPTIMIZATION OF DYNAMIC PARAMETERS OF THE ELECTRIC DRIVE BY THE PRINCIPLE OF ELECTROMECHANICAL COMPATIBILITY OF THE PROCESS

Annotation: The negative effect of the effect of elastic mechanical bonds during the excitation of oscillations with an increase in the level of the dynamic load on the electrical and mechanical equipment of the drive is considered; It is proved that elastic mechanical links lead to deviation of transient processes from the requirements of technological processes.

Key words: *electric drive, motor, converter, element base, transfer function, structural scheme, electromechanical system, synthesis, damping, oscillations*

РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ДОПОМІЖНОГО ВОДОВІДЛИВУ ПОХИЛУ

Анотація: Наведено основні, найбільш суттєві проблемні питання стосовно допоміжного водовідливу похилів, які впливають на ефективність роботи таких водовідливів, джерела виникнення цих проблем, а також подолання визначених проблем шляхом застосування ефективної технологічної схеми із застосуванням самозмивних водозбірників та гідроелеваторного способу чищення технологічних ємностей водовідливу.

Ключові слова: зважені частки, зашламування, попередній відстійник, водозбірник, гідродинамічне очищення, гідроелеватор

Постановка проблеми. Експлуатація засобів чищення шахтних водовідливних ємностей пов'язана з різноманітними труднощами та ускладненнями. Основними з яких є: недостатня якість освітлення води, присутність в ній певної концентрації твердих домішок; зашламовування водозбірників вище встановленої норми; значні витрати некваліфікованої праці працівників і часу на їх очищення; крім того, вода, що тече вниз по хідниках та похилах, несе із собою велику кількість твердого матеріалу різноманітної крупності. Припливи води на похилових дільницях складаються з власного водоприпливу по похилу та хідниках по пласту (в об'ємі приблизно 20-40 м³/год) і скидання води з пласта (в об'ємі 30-50 м³/год).

Спосіб організації допоміжного водовідливу в таких похилових полях у більшості випадків наступний: в углубці похилих хідників облаштовують водозбірник, з якого шахтна вода за допомогою насосів типу ЦНС (для яких заводи гарантують нормальну роботу, якщо вода буде містити механічних домішок не більше 0,1% по вазі, при розмірі твердих часток не більше 0,1 мм) відкачується у вищерозташований водозбірник. Але, зважаючи на те, що шахтна вода несе значну кількість твердої речовини, то водозбірники дуже часто виконують роль відстійників. Освітлення води у водозбірниках простої конструкції, без поділу його частини – ту, де здійснюється освітлення, – і власне водозбірник, відбувається вкрай незадовільно. Відносна простота і низька вартість спорудження таких водовідливів на практиці обертається серйозними експлуатаційними витратами, до того ж чищення таких водозбірників представляє собою важку і трудомістку операцію.

Аналіз попередніх досліджень. В роботі [1] наведені основні проблеми шахтного водовідливу та очищення водовідливних ємностей, джерела їх появи й технічні засоби, що дозволяють боротися з даними проблемами.

Очищення водозбірників від шламів, навіть за допомогою гідроелеваторних установок, вимагає значної частки ручної праці. За даними Міністерства палива і енергетики України на видалення шламу щорічно витрачається 440 тис. людино-змін і понад 2,8 млн. грн, тому часто шахтні водозбірники експлуатуються в частково або повністю замуленому стані. Це призводить до скорочення терміну служби насосів водовідливу і до забруднення навколишнього середовища зашламованими шахтними водами [2].

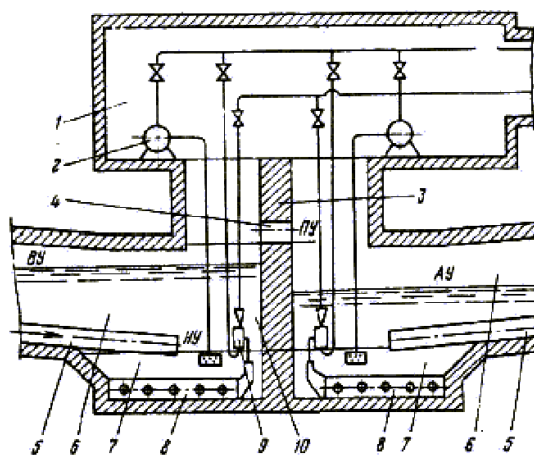
У роботі [3] наведено результати порівняльного аналізу витрат на водовідлив гідроелеваторними установками, обладнаними перекачними відцентровими насосами й насосами об'ємного принципу дії. Запропонована методика визначення параметрів установки з перекачними об'ємними насосами, що забезпечують мінімальні витрати на водовідлив, а отже і ефективність застосування гідроелеваторних установок.

У роботі [4] запропоновано гідродинамічне очищення шахтних водозбірників, який передбачає створення водозбірників, що не зашламовуються. Для цього пропонується три

варіанти вирішення питання: створення самозмивних водозбірників; забезпечення критичної швидкості руху води у водозбірниках; гідравлічний розмив шламу, що осів.

Мета статті. Розробка ефективної технологічної схеми допоміжного водовідливу похилів, при якій унеможливується зашламування водозбірників поряд із застосуванням засобів гідромеханізованого чищення водовідливних ємностей.

Викладення основного матеріалу дослідження. Конструкція шахтних технологічних ємностей водовідливу залежить від способів і засобів, що дозволяють ліквідувати або виключити їх зашламування. Найбільш досконалими з цієї точки зору є самозмивні водозбірники. При використанні водовідливних установок з позитивною висотою всмоктування доцільно застосовувати схему з припливним трубопроводом, що дозволяє ефективно видаляти шлам при традиційному компонуванні водозбірних виробок. Для реалізації такої схеми необхідно постійно використовувати розташовані поблизу приймальних колодязів гідроізоляційні перепускні засувки. Ці засувки через певний проміжок часу втрачають герметичність, також порушується цілісність самих гідроізоляційних перемичок – водозбірники гідравлічно сполучаються між собою і, як наслідок, суттєво зашламовуються. Через це об'єми водозбірних ємностей зменшуються і значні маси шламу потрапляють у прийомні колодязі, що спричиняє засмічення усмоктовуючих пристроїв насосів, що нерідко призводить до виникнення кавітаційних явищ та/або зриву роботи насосів. Зазначені недоліки можна виключити, якщо передбачити використання породного цілика в якості гідроізоляційної перемички між примальними колодязями (рис. 1) [5]. Колодязі в цьому випадку повідомляються між собою на позначці, що відповідає підвищеному рівню води. Починаючи від приймального колодязя, в кожній гілці водозбірника є вторинний відстійник, вздовж осі якого покладений перфорований трубопровід, який є прийомним елементом шламового гідроелеватора. Отвори у цьому трубопроводі розташовані з двох протилежних сторін (їх осі розташовані в горизонтальній площині, що проходить через вісь трубопроводу). Припливний трубопровід підключений до попередньої відстійника, а його вихідний отвір розміщено над вторинним відстійником.



- 1 - насосна камера; 2 - насос; 3 - гідроізоляційна перемичка; 4 - перелив;
5 – припливний трубопровід; 6 - гілка водозбірника; 7 - вторинний відстійник;
8 - дірчастий трубопровід; 9 - шламовий гідроелеватор; 10 - приймальний колодязь

Рисунок 1 - Схема розташування обладнання у приймальному колодязі з переливом

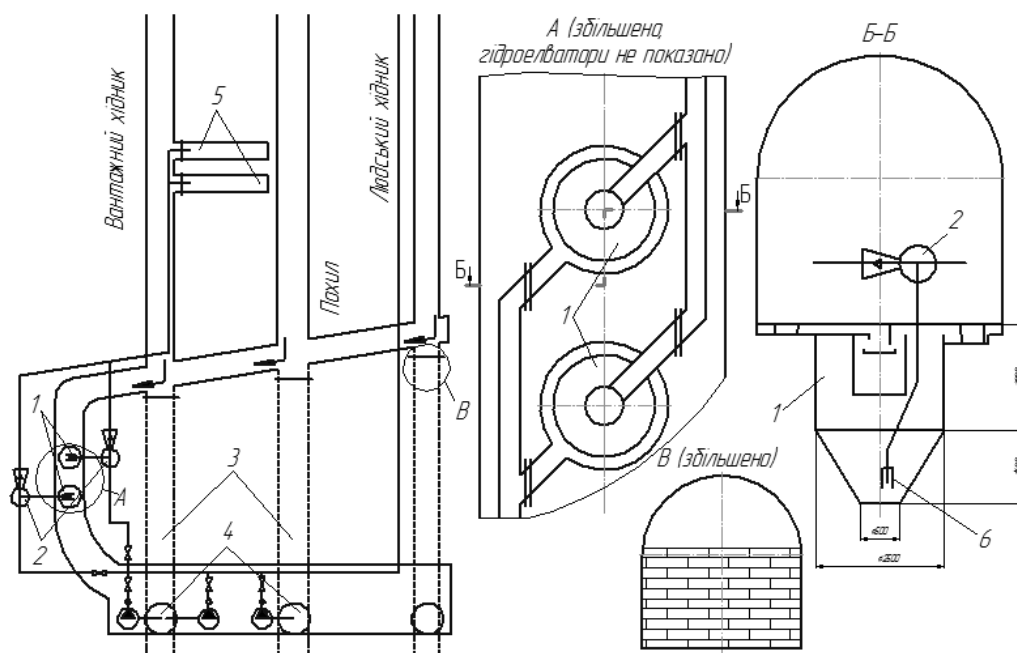
Запропонована технологічна схема дозволяє виключити або істотно знизити інтенсивність зашламовування водозбірників і відмовитися від застосування перепускних засувки поблизу приймальних колодязів. Причому суттєво спрощується управління водовідливною установкою, конструкціями водозбірників, профілактичний огляд і ремонт застосованого обладнання.

Одним з найпростіших і ефективних способів практичного забезпечення критичної швидкості руху води в водозбірниках є установка поперечних перегородок в водозбірнику

[6] із зазором в придонній частині (для забезпечення необхідної швидкості потоку) і у верхній частині водозбірника (для забезпечення провітрювання водозбірника). У процесі роботи такого водозбірника постійно підтримується підвищений рівень швидкості потоку в придонній його частині, що забезпечує безупинне гідравлічне транспортування частинок твердого (в основному розміром не більше 0,1 мм) в підвищеному стані в області приймального колодязя. Розрахунки показують, що для того, щоб транспортувати частинки розміром менше 0,1 мм, швидкість потоку повинна становити 0,25...0,3 м/с. Величина перепаду води в водозбірнику не повинна перевищувати 1 м. Частинки більшої крупності при цьому уловлюються попередніми відстійником.

З огляду на вищесказане, бура розроблена представлена нижче технологічна схема допоміжного водовідливу похилу (рис. 2), що містить у собі три водозбірники, що самозмиваються, 3, надходження шахтної води в які відбувається через колекторні колодязі 4.

Очищення попередніх відстійників від гірничої маси, що надходить разом із водою, передбачається здійснювати гідроелеваторами. Видалення гірничої маси здійснюється в шламовірнику. Приведення гідроелеваторів у роботу здійснюється від насосів допоміжного водовідливу. За мірою заповнення однієї з гілок шламовірнику пульпою, раніше заповнена гілка по закінченні дренажування води очищується в шахтні вагонетки. Подача вагонеток у шламовірнику та їх видача здійснюється механічною відкаткою, якою обладнано вантажний хідник.



1 - попередні відстійники; 2 - гідроелеватори; 3 - самозмивні водозбірники; 4 - колекторні колодязі; 5 - шламовірнику; 6 - усмоктувальний пристрій

Рисунок 2 – Технологічна схема допоміжного водовідливу похила

Надходження води у водозбірники водовідливу відбувається одночасно через обидва попередні відстійники. Освітлені потоки шахтної води за допомогою канавок і шиберних засувок можуть направлятися в той або інший попередній відстійник. Вхід води у водозбірники можливий тільки через колекторні колодязі, розташовані в насосній камері. Вхід у водозбірники з боку хідників похилу перекривають водонепроникними перемичками, що запобігає прямому надходженню води, яка містить гірничу масу, у водозбірники.

Для осадження з води твердого абразивного матеріалу крупністю більше 0,1 мм пропонується застосування попередніх відстійників циліндроконічної форми. Накопичений досвід експлуатації горизонтальних попередніх відстійників вказує на те, що при змінному

припливі шахтної води впродовж доби, достатньо часто виникають ситуації, коли попередні відстійники, що розраховані на середній приплив води, не в змозі виконати свого призначення. Крім того, чищення горизонтальних відстійників від шламу є дуже трудомісткою операцією. Для усунення недоліків горизонтальних відстійників останнім часом все більше знаходять застосування вертикальні попередні відстійники (рис. 3).

Шахтна вода підводиться до низу робочої частини відстійника по центральній трубі. Після виходу з труби шахтна вода рухається знизу вгору до зливних жолобів, по яких вона іде у відповідні лоток. Під час руху води по приймальних колодязів з неї випадають зважені речовини, питома вага яких більше питомої ваги води.

Спостереження за розподілом стічної рідини по відстійнику показали, що рідина, вийшовши з щілини між розтрубом центральної труби і відбивним щитом, рухається радіально до стінок відстійника, а потім піднімається вгору уздовж стінок з відносно великими швидкостями. Зважені речовини випадають на горизонтальному шляху руху рідини від центру відстійника до периферії за рахунок розтікання струменя і зменшення швидкості руху. Чим дрібніші ті частинки, які повинні бути виділені з шахтної води, тим більше повинен бути радіус відстійника, що представляє собою основну розрахункову величину.

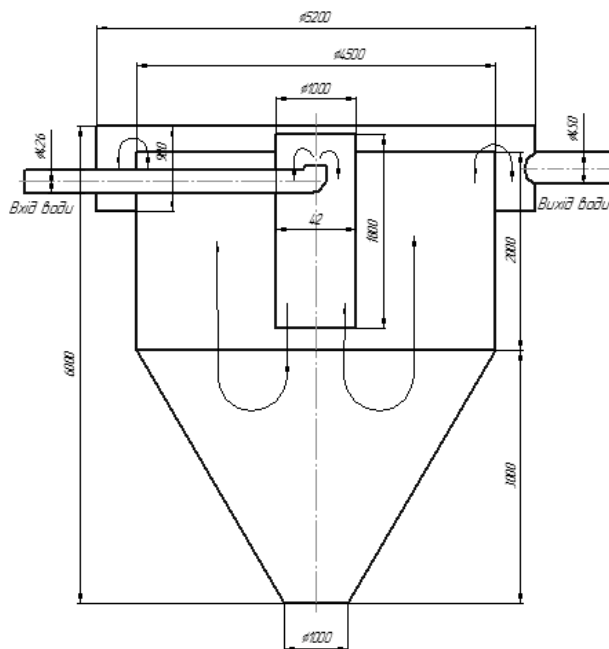


Рисунок 3 – Схема попереднього відстійника вертикального типу

Осілий шлам слід видаляти за мірою заповнення відстійника, не рідше 1 разів на добу, тому обсяг шламозбірної частини повинен бути розрахований на зберігання шламу протягом двох діб. Вертикальні відстійники виготовляють із залізобетону. Ефект освітлення рідини в таких відстійниках практично не перевищує 60%, хоча теоретичний розрахунок доводить можливість отримати ефект на рівні 70%.

Висновки. Питання освітлення шахтних вод у підземних умовах є актуальною технічною та технологічною проблемою. Її розв’язання забезпечить безперебійне протікання технологічного процесу видобутку вугілля та нормальне функціонування системи шахтного водовідливу, підвищити його надійність і довговічність. Застосування гідромеханізованого способу чищення шахтних технологічних ємностей водовідливу є раціональним і з технічної і з економічної точок зору – маємо змогу повністю механізувати та автоматизувати процес очищення зазначених ємностей.

Застосування самозмивних водозбірників дозволяє значно спростити процес їх чищення, та звести до мінімуму частку важкої некваліфікованої праці.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Спеціальні засоби і схеми гідропідйому, водовідливу і очищення шахтних водовідливних ємностей. / Навчальний посібник / Козиряцький Л.М., Моргунов В.М., Яковлев В.М., Геммерлінг О.А. – Донецьк: ДонНТУ, 2012. – 133 с.
2. Каюн О.П., Триллер Е.А., Стрельников А.П. Опыт работы главного водоотлива на шахте “Красноармейская – Западная” № 1// Уголь Украины. – 2003. – № 6. – С. 19-21.
3. Яковлев В.М., Малеев В.Б., Холоша А.С. Визначення параметрів гідроелеваторної установки, які забезпечують мінімальні витрати на водовідлив при проведенні похилих виробок / Наукові праці Донецького національного технічного університету. Випуск 20(176), Серія гірничо-електромеханічна. – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2010. – С. 146 -156.
4. Малеев В.Б. Развитие научных основ системы шахтного водоотлива : Дис... д-ра техн. наук: 05.05.06 / Донецкий национальный технический ун-т. – Донецк, 2003. – 317 л.
5. Антонов Э.И. Совершенствование шахтных водосборников – Шахтное строительство №5, 1986г.
6. Антонов Э.И. Экспериментальное исследование сруйно-придонного течения на модели шахтного водосборника. – Научные труды НИИГМ им. Фёдорова, Донецк, 2001 г.

Э. Н. Немцев (ст. преп. каф. ЭМА),

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

А. П. Калинин

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ВОДООТЛИВА УКЛОНА

Аннотация: Рассмотрены основные, наиболее существенные проблемные вопросы вспомогательного водоотлива уклонов, уменьшающие эффективность работы этого водоотлива, источники возникновения этих проблем, а также их решение путем применения эффективной технологической схемы с применением самосмывающихся водосборников и гидроелеваторного способа чистки технологических емкостей водоотлива.

Ключевые слова: взвешенные частицы, зашламление, предварительный отстойник, водосборник, гидродинамическая очистка, гидроэлеватор

Eduard Nemtsev,

Industrialnyi institut of SHEE «Donetsk National Technical University»

Aleksandr Kalinskii

Industrialnyi institut of SHEE «Donetsk National Technical University»

DEVELOPMENT OF PROCESS FLOWSHEET AND FACILITIES OF ACCESSORY WATER PUMPING OF INCLIN

Annotation: The main, the most significant problematic issues of the water pumping of inclin, reducing the efficiency of this water pumping, the sources of these problems, as well as their solution by applying an efficient technological scheme with the use of self-washed water headers and a gidroelevatory method for cleaning the technological capacitance of the water pumping are considered.

Key words: suspended particles, silting, preliminary settling tank, water collector, hydrodynamic cleaning, hydroelevator.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ, ЯК ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПРОМИСЛОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Анотація: У статті аналізуються сучасні тенденції удосконалення роботи асинхронних двигунів за рахунок компенсації змінних складових його потужності, і переходу від нерегульованого електроприводу до регульованого, що вирішує питання підвищення ефективності процесів електроспоживання та енергозбереження.

Ключові слова: ефективність, удосконалення, асинхронний двигун, компенсатор, частотно-регульований електропривод.

Постановка проблеми. Задача електропостачання промислових підприємств виникла одночасно з широким впровадженням електроприводу в якості рушійної сили різних машин і механізмів і будівництвом електростанцій. Головною задачею систем енергопостачання є забезпечення ефективного функціонування та надійності електроприводу, а також енергозбереження. Низька надійність електроприводу пов'язана з високим відсотком пошкоджень головної складової частини електроприводу – асинхронного двигуна (рис. 1). Щороку виходить з ладу і капітально ремонтується 20-25% двигунів від загального числа. Це призводить до порушення безперервності технологічних процесів та подальшим браком продукції, додаткових втрат на відновлення виробництва та ремонт [1].

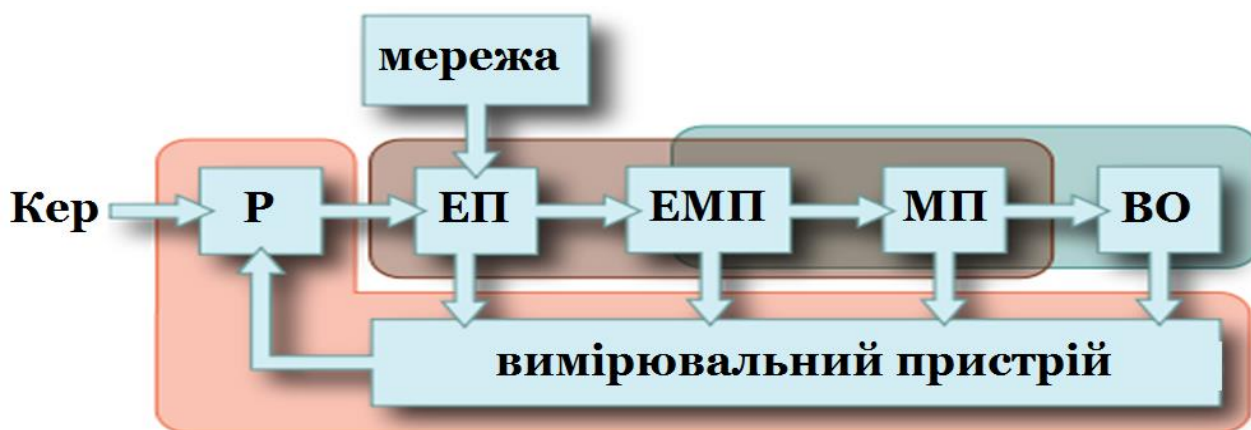


Рисунок 1 – Функціональна схема електропривода

Актуальність дослідження. Системою електропостачання називають комплекс пристроїв для виробництва, передачі і розподілу електричної енергії. Система електропостачання промислових підприємств забезпечує електричною енергією промислові споживачі. Основними споживачами є електроприводи різних машин і механізми, електричне освітлення, електричні нагрівальні пристрої, в тому числі електричні печі. Робота промислових електроприводів та інших споживачів як при проектуванні, так і під час експлуатації повинна знаходитись в строгій відповідності як з окремими споживачами, так і з комплексом електроприводів, що забезпечують роботу складних механізмів.

Метою статті є аналіз результатів розв'язання проблеми удосконалення роботи асинхронного двигуна (АД), що підвищить ефективності процесів електроспоживання й енергозбереження.

Викладення основного матеріалу дослідження. Згідно загальноприйнятої класифікації електричні машини бувають синхронними з однаковою частотою обертання ротора і магнітного поля, і асинхронними — в яких магнітне поле обертається з більш високою швидкістю, ніж ротор. Електродвигуни останнього типу одержали більш широке поширення: близько 90% всіх двигунів на планеті є асинхронними. Вони застосовуються у всіх галузях промисловості, сільського господарства і сфери ЖКГ. Така популярність пояснюється тим, що дані механізми прості у виготовленні, надійні, доступні за ціною і не вимагають великих експлуатаційних витрат. Крім того, ККД асинхронного електродвигуна значно вище, ніж синхронного.

Але є у подібної техніки і суттєві недоліки. Зокрема, високий пусковий струм, достатній пусковий момент, неузгодженість механічного моменту на валу привода з механічним навантаженням (що призводить до лавиноподібного зростання сили струму та надмірних механічних навантажень при запуску і зниження ККД в періоди зниженого навантаження), неможливість точного регулювання швидкості роботи приладу і т. д. Всі ці фактори призводять до того, що ефективність роботи механізму істотно знижується.

Для підвищення ефективності роботи електропривода необхідно забезпечувати його завантаження на рівні не менше 75%, збільшувати коефіцієнт потужності, регулювати напругу і де можливо — частоту подачі струму. Реалізація цих заходів забезпечується використанням спеціального обладнання, що дозволяє підвищити ККД електродвигуна. Однак не у всіх випадках можливо або необхідно реалізувати їх усі. Такі прилади поділяються на частотні перетворювачі, які змінюють швидкість обертання двигуна шляхом зміни частоти живлячої напруги, а також пристрої плавного пуску, що дозволяє обмежити швидкість наростання пускового струму і його максимальне значення.

Зауважимо, що крім перерахованих недоліків, невеликий пусковий момент, споживання реактивної потужності, мають місце складні математичні залежності між його параметрами, тому якісна система керування реалізується за допомогою відносно складних алгоритмів. На режими роботи асинхронного двигуна (АД) значний вплив здійснюють змінні складові сумарної трифазної потужності, наприклад, найчастіше в спектрі потужності з'являється друга гармоніка, появу якої викликає несиметрія параметрів електричної машини й мережі живлення.

Найпоширенішими причинами виникнення несиметрії можуть бути пошкодження або дефекти, наприклад: обрив стрижнів ротору, обрив паралельних секцій обмоток статора, статичні та динамічні дисбаланси ротору, несиметрія магнітної системи статора. Навіть за умови повністю ідеальних синусоїдних та симетричних напруг мережі живлення миттєва трифазна потужність двигуна практично завжди містить «небажані» гармонічні складові, які негативно впливають на енергетичні характеристики АД та призводять до погіршення його технічного стану.

Це призводить до виникнення аварійних режимів роботи електричних машин, які призводять до пошкоджень та аварійного виходу з ладу електродвигуна, пов'язані з вимушеними порушеннями нормальної роботи всієї системи електроприводу чи її частини. Першопричини виникнення аварій бувають різноманітні, але у своїй більшості є результатом своєчасно невизначених і не усунених дефектів обладнання, незадовільного проектування або ремонту, монтажу та експлуатації.

В таблиці 1 приведена оцінка якості компенсації: відносні середньоквадратичні значення змінної складової споживаної потужності ($\tilde{p}_{crms}/P_i$) та електричного моменту ($\tilde{m}_{rms}/M_i$), електричних втрат ($\Delta P_{m1s}/\Delta P_{m1n}$) до і після включення компенсатора.

Отримані результати показують (рис. 2), що після ввімкнення компенсатора суттєво зменшується середньоквадратичне значення змінної складової момента (до 7 % від початкового значення). Однак варто зауважити, що при дослідженні роботи системи компенсації необхідно контролювати не тільки змінну складову потужності й моменту АД, але й гріючі втрати за фазами, оскільки несиметрія параметрів може призвести до суттєвого перегріву окремої обмотки навіть за умови незначного збільшення сумарних втрат.

Таблиця 1 – Критерії оцінки якості компенсації

Ступінь несиметрії Критерій оцінки	1%	2%	5%	10%
$\tilde{p}_{crms}/P_p, \%$	2,42 $\rightarrow$ 0,55	4,2 $\rightarrow$ 1,35	9,7 $\rightarrow$ 3,3	19,4 $\rightarrow$ 10,7
$\tilde{m}_{rms}/M_p, \%$	2,5 $\rightarrow$ 0,3	4,1 $\rightarrow$ 0,5	10 $\rightarrow$ 0,7	21 $\rightarrow$ 5
$\Delta P_{m1A}/\Delta P_{m1H}, \%$	-6,4 $\rightarrow$ -3,2	-9,7 $\rightarrow$ -3,2	-22,6 $\rightarrow$ -13	-43,5 $\rightarrow$ -11,3
$\Delta P_{m1B}/\Delta P_{m1H}, \%$	0,6 $\rightarrow$ -4	1,6 $\rightarrow$ -4,8	11,3 $\rightarrow$ 1,6	32,3 $\rightarrow$ -8
$\Delta P_{m1C}/\Delta P_{m1H}, \%$	0,8 $\rightarrow$ 0	3,2 $\rightarrow$ 1,6	11,3 $\rightarrow$ 9,7	25,8 $\rightarrow$ 22,6

Після включення компенсатора змінюється перерозподіл втрат за фазами АД, внаслідок чого зменшується тепловий перегрів окремих обмоток. Наразі найпоширенішим засобом боротьби із небажаними складовими потужності є силовий активний фільтр (САФ) [2].

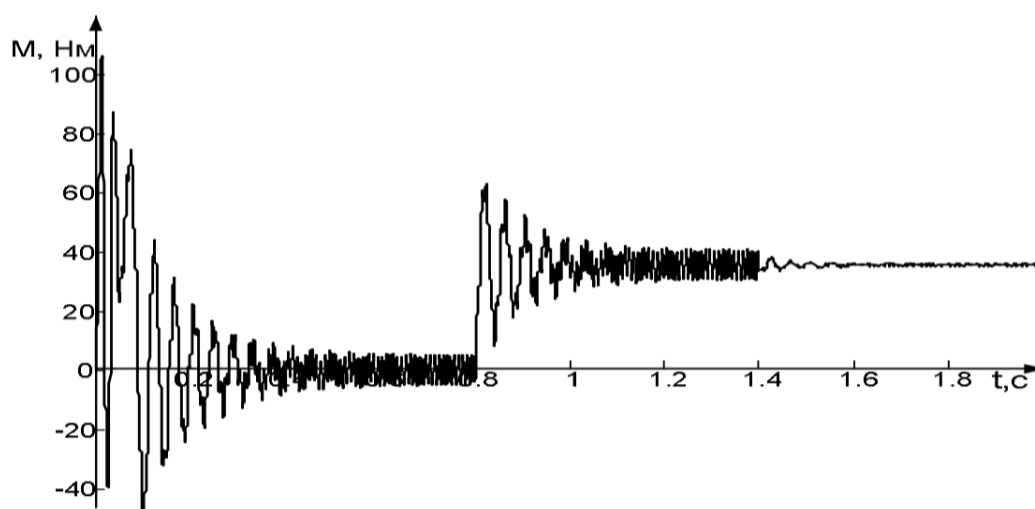


Рисунок 2 – Графічна інтерпретація електромагнітного моменту АД при 5%-ій несиметрії фаз до і після увімкнення компенсатора

Отже, підвищення ефективності роботи асинхронного двигуна (АД) досягається методом усунення несиметрії фаз АД і небажаних складових потужності шляхом:

- ввімкнення компенсатора, що суттєво зменшить середньоквадратичне значення змінної складової момента (до 7 % від початкового значення);
- ввімкнення частотно-регульованого електроприводу (ЧРЕП) [3].

Основний шлях енергозбереження засобами електроприводу – подача кінцевому споживачу – технологічній машині – необхідної в кожний момент потужності. Цього може бути досягнуто за допомогою управління координатами електроприводу, тобто за рахунок переходу від нерегульованого електроприводу до регульованого. Цей процес став останніми роками основним в розвитку електроприводу у зв'язку з появою доступних технічних засобів для його здійснення – перетворювачів частоти і т.п.

Вибір раціональних в конкретних умовах типів електроприводу і способів управління, що забезпечують мінімізацію втрат в силовому каналі, – важливий елемент в загальній проблемі енергозбереження. Очікується, що перехід від нерегульованого електроприводу до регульованого в технологіях, де це можливо, може заощадити до 25-30% електроенергії.

Висновки. Таким чином, на основі проведеного аналізу результатів розв'язання проблеми удосконалення роботи асинхронного двигуна (АД) встановлено, що підвищення ефективності його роботи досягається методом усунення несиметрії фаз АД і небажаних складових потужності шляхом ввімкнення компенсатора, що підвищить ефективність

процесів електроспоживання, а також шляхом ввімкнення частотно-регульованого електроприводу (ЧРЕП), що одночасно почасти вирішить проблему енергозбереження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Луговой А.В. Эксплуатационная надежность электрических двигателей переменного тока и пути ее повышения / А.В. Луговой, М.Ш. Максимов, Д.И. Родькин, А.П. Черный, Г.Ю. Сисюк // Материалы семинара «Проблемы промышленного энергоснабжения». - Кременчуг, 1998, С. 9.
2. Родькин Д.И. Оценка составляющих мгновенной мощности полигармонических сигналов / Д.И. Родькин // Электроинформ, Экоинформ. – К., 2003. – № 3. – С. 13–15.
3. Черный А.П. Моделирование электромеханических систем: учебное пособие / А.П. Черный, А.В. Луговой, Д.И. Родькин и др. – Кременчуг: 1999. – 204 с.
4. Бурбело М.Й. Компенсація реактивної потужності асинхронних двигунів в різко змінних режимах навантаження / М.Й. Бурбело, А.В. Гадай // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2008. - № 1. - С. 65-68.

Н. А. Несторук (канд. пед. наук, доц.),

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

А. И. Михайлов,

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, КАК РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация: В статье анализируются современные тенденции совершенствования работы асинхронных двигателей за счет компенсации переменных составляющих его мощности, и перехода от нерегулируемого электропривода к регулируемому, что решает вопрос повышения эффективности процессов электропотребления и энергосбережения.

Ключевые слова: эффективность, совершенствование, асинхронный двигатель, компенсатор, частотно-регулируемый электропривод.

N. Nestoruk (Candidate of Pedagogical Sciences),

Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»

A. Mikhailov,

Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»

THE EFFICIENCY OF INDUCTION MOTORS AS A SOLUTION TO THE PROBLEM OF INDUSTRIAL POWER SUPPLY

Annotation: The article analyses modern tendencies of improvement of induction motors due to variable components of compensation of its power, and the transition from an unregulated to a regulated electric drive, that solves the problem of increasing the efficiency of processes energy consumption and energy saving.

Key words: efficiency, improvement, induction motor, compensator, variable frequency drive.

Н. А. Несторук (канд. пед. наук, доц.),

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Р. А. Чухно

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПУТЁМ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Аннотация: В статье проведён обзор и анализ подходов к решению вопроса компенсации реактивной мощности, представлены меры по снижению потребления реактивной мощности и мероприятия по компенсации, которые позволят оптимизировать процессы энергосбережения, сделав распределительные сети более надёжными и экономичными, что является в данное время весьма актуально.

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности, конденсаторные батареи, синхронные двигатели, синхронные компенсаторы.

Постановка проблемы. Главной задачей систем электроснабжения (СЭС) есть эффективное снабжение электрических сетей городов, промышленных предприятий и объектов электроэнергетики.

Низкое качество электроэнергии связано с нарушением баланса мощностей

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = UI.$$

Зачем компенсировать реактивную мощность?

Реактивная мощность и энергия ухудшают показатели работы энергосистемы, то есть загрузка реактивными токами генераторов электростанций увеличивает расход топлива; увеличиваются потери в подводящих сетях и приемниках; увеличивается падение напряжения в сетях.

Реактивный ток дополнительно нагружает линии электропередачи, что приводит к увеличению сечений проводов и кабелей и соответственно к увеличению капитальных затрат на внешние и внутриплощадочные сети.

Компенсация реактивной мощности, в настоящее время, является немаловажным фактором позволяющим решить вопрос энергосбережения практически на любом предприятии.

Целью данной работы является обзор и анализ подходов к решению вопроса компенсации реактивной мощности для повышения энергоэффективности электрических сетей городов, промышленных предприятий и объектов электроэнергетики.

Изложение основного материала. Приведем некоторые положения и определения, относящиеся к понятию "реактивная мощность". Полагаем, что приемник электрической энергии присоединен к источнику синусоидального напряжения $u = \sqrt{2} \cdot U \cdot \sin \omega t$ и потребляет синусоидальный ток $i = \sqrt{2} \cdot I \cdot \sin(\omega t - \varphi)$, сдвинутый по фазе относительно напряжения на угол φ . Значение мгновенной мощности на зажимах приемника определяется выражением

$$p = u \cdot i = 2 \cdot U \cdot I \sin \omega t \cdot \sin(\omega t - \varphi) = U \cdot I \cdot \cos \varphi - U \cdot I \cdot \cos(2\omega t - \varphi)$$

и является алгебраической суммой двух величин, одна из которых не зависит от времени, а другая пульсирует с двойной частотой. Среднее значение мгновенной мощности за период питающего напряжения T полностью определяется первым слагаемым. Действительно,

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T U \cdot I \cdot \sin \omega t \cdot \sin(\omega t - \varphi) dt = U \cdot I \cdot \cos \varphi - U \cdot I \cdot \cos(2\omega t - \varphi)$$

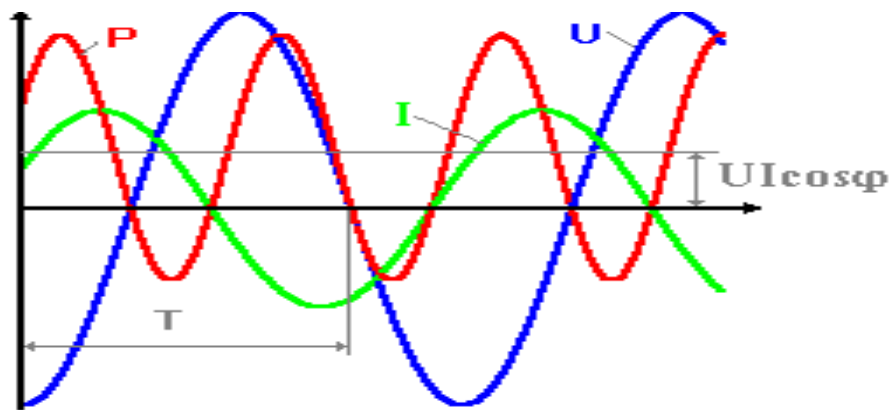


Рисунок 1 – Кривые мгновенных значений тока, напряжения и мощности

Эта величина, именуемая в дальнейшем активной мощностью, характеризует энергию, выделяемую в единицу времени на производство полезной работы, например, в виде тепла в приемнике с активным сопротивлением R : $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = I^2 \cdot R$.

Активная энергия, потребляемая электроприёмниками (ЭП), преобразуется в другие виды энергии: механическую, тепловую, энергию сжатого воздуха и газа и т.п. Определённый процент активной энергии расходуется на потери.

Реактивная мощность Q не связана с полезной работой ЭП и расходуется на создание электромагнитных полей в электродвигателях, трансформаторах, линиях.

Прохождение в электрических сетях реактивных токов обуславливает добавочные потери активной мощности в линиях, трансформаторах, генераторах электростанций, дополнительные потери напряжения, требуют увеличения номинальной мощности или числа трансформаторов, снижает пропускную способность всей СЭС. Полная мощность $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = P / \cos \varphi$

Основным потребителем реактивной мощности индуктивного характера на промышленных предприятиях являются асинхронные двигатели АД (60-65% общего её потребления), трансформаторы, включая сварочные (20-25%), вентильные преобразователи, реакторы и прочие ЭП [1].

Реактивной мощностью дополнительно нагружаются питающие и распределительные сети предприятия, соответственно увеличивается общее потребление электроэнергии.

Компенсация реактивной мощности — целенаправленное воздействие на баланс реактивной мощности в узле электроэнергетической системы с целью регулирования напряжения, а в распределительных сетях и с целью снижения потерь электроэнергии.

Меры по снижению потребления реактивной мощности: естественная компенсация (естественный $\cos \varphi$) без применения специальных компенсирующих устройств (КУ); искусственная компенсация, называемая чаще просто компенсацией.

Естественная компенсация реактивной мощности не требует больших материальных затрат и должна проводиться на предприятиях в первую очередь. К естественной компенсации относятся:

- упорядочение и автоматизация технологического процесса, ведущие к выравниванию графика нагрузки и улучшению энергетического режима оборудования (равномерное размещение нагрузок по фазам, смещение времени обеденных перерывов отдельных цехов и участков, перевод энергоёмких крупных ЭП на работу вне часов максимума энергосистемы и, наоборот, вывод в ремонт мощных ЭП в часы максимума в энергосистемы и т.п.);

- создание рациональной схемы электроснабжения за счёт уменьшения количества ступеней трансформации;

- замена трансформаторов и другого электрооборудования старых конструкций на новые, более совершенные с меньшими потерями на перемагничивание;
- замена малозагруженных трансформаторов и двигателей трансформаторами и двигателями меньшей мощности и их полная загрузка;
- применение СД вместо АД, когда это допустимо по условиям технологического процесса;
- ограничение продолжительности х.х. двигателя и сварочных трансформаторов, сокращение длительности и рассредоточение во время пуска крупных ЭП;
- улучшение качества ремонта электродвигателей, уменьшение переходных сопротивлений контактных соединений;
- отключение при малой нагрузке (например, в ночное время, в выходные и праздничные дни) части силовых трансформаторов.

К техническим средствам компенсации реактивной мощности относятся следующие виды компенсирующих устройств: конденсаторные батареи (КБ), синхронные двигатели, вентильные статические источники реактивной мощности (ИРМ).

Конденсаторные батареи. Наибольшее распространение на промышленных предприятиях имеют конденсаторы (КБ) – крупные (в отличие от конденсаторов радиотехники) специальные устройства, предназначенные для выработки реактивной ёмкостной мощности. Конденсаторы изготавливают на напряжение 220, 380, 660, 6300 и 10500 В в однофазном и трёхфазном исполнении для внутренней и наружной установки. Они бывают масляные (КМ) и соволовые (КС). Диэлектрическая проницаемость совола примерно вдвое больше, чем масла. Однако отрицательная допустимая температура составляет - 10 °С для соволовых конденсаторов, в то время как масляные могут работать при температуре - 40 °С. Широкое применение конденсаторов для компенсации реактивной мощности объясняется их значительными преимуществами по сравнению с другими видами КУ: незначительные удельные потери активной мощности до 0,005 кВт/квар, отсутствие вращающихся частей, простота монтажа и эксплуатации, относительно невысокая стоимость, малая масса, отсутствие шума во время работы, возможность установки около отдельных групп ЭП и т.д.

Недостатки конденсаторных батарей: пожароопасность, наличие остаточного заряда, повышающего опасность при обслуживании; чувствительность к перенапряжениям и толчкам тока; возможность только ступенчатого, а не плавного регулирования мощно

Конденсаторы, как правило, собираются в батареи (КБ) и выпускаются заводами электротехнической промышленности в виде комплектных компенсирующих устройств (ККУ).

Рассмотрим другой вид КУ – синхронные двигатели. Из курса «Электрические машины» известно, что при увеличении тока возбуждения выше номинального значения синхронные двигатели (СД) могут вырабатывать реактивную мощность, следовательно, их можно использовать как средство компенсации реактивной мощности. Главным отличием СД от АД является то, что магнитное поле, необходимое для действия СД, создаётся в основном от отдельного источника постоянного тока (возбудителя). Вследствие этого СД в нормальном режиме (при $\cos \varphi = 1$) почти не потребляет из сети реактивной мощности, необходимой для создания главного магнитного потока, а в режиме перевозбуждения, т.е. при работе с опережающим коэффициентом мощности, может генерировать ёмкостную мощность в сеть [4].

Синхронные двигатели, выпускаемые отечественной промышленностью, рассчитаны на опережающий коэффициент мощности $\cos \varphi = 0.9$ и при номинальной активной нагрузке $P_{\text{ном}}$ и напряжении $U_{\text{ном}}$ могут вырабатывать номинальную реактивную мощность:

$$Q_{\text{ном}} \approx 0.5 P_{\text{ном}}$$

Преимуществом СД, используемым для компенсации реактивной мощности, по сравнению с КБ является возможность плавного регулирования генерируемой реактивной мощности.

Недостатком является то, что активные потери на генерирование реактивной мощности

для СД больше, чем для КБ, так как зависят от квадрата генерируемой мощности СД.

Как правило, в системах электроснабжения промышленных предприятий КБ компенсируют реактивную мощность базисной (основной) части графиков нагрузок, а СД снижают, главным образом, пики нагрузок графика.

Синхронные компенсаторы. Разновидностью СД являются синхронные компенсаторы (СК), которые представляют собой СД облегчённой конструкции без нагрузки на валу. В настоящее время выпускается СК мощностью выше 5000 квар; они имеют ограниченное применение в сетях промышленных предприятий и лишь в ряде случаев используются для улучшения показателей качества напряжения у мощных ЭП с резкопеременной ударной нагрузкой (дуговые печи, прокатные станы и т.п.). В сетях с резкопеременной ударной нагрузкой на напряжении 6-10 кВ рекомендуется применение не конденсаторных батарей, а специальных быстродействующих источников реактивной мощности (ИРМ), которые должны устанавливаться вблизи таких ЭП.

Достоинствами статических ИРМ является отсутствие вращающихся частей, относительная плавность регулирования реактивной мощности, выдаваемой в сеть, возможность трёх- и четырёхкратной перегрузки по реактивной мощности. К недостаткам относится появление высших гармоник, которые могут возникнуть при глубоком регулировании реактивной мощности [2, 3].

Компенсация реактивной мощности особенно актуальна для промышленных предприятий, основными электроприёмниками которых являются асинхронные двигатели, в результате чего коэффициент мощности без принятия мер по компенсации составляет 0,7—0,75.

Правильная компенсация позволяет:

- снизить общие расходы на электроэнергию;
- уменьшить нагрузку элементов распределительной сети (подводящих линий, трансформаторов и распределительных устройств), тем самым продлевая их срок службы;
- снизить тепловые потери тока и расходы на электроэнергию;
- снизить влияние высших гармоник;
- подавить сетевые помехи, снизить несимметрию фаз;
- добиться большей надёжности и экономичности распределительных сетей.

Кроме того, в существующих сетях:

- исключить генерацию реактивной энергии в сеть в часы минимальной нагрузки;
- снизить расходы на ремонт и обновление парка электрооборудования;
- увеличить пропускную способность системы электроснабжения потребителя, что позволит подключить дополнительные нагрузки без увеличения стоимости сетей;
- обеспечить получение информации о параметрах и состоянии сети.

А во вновь создаваемых сетях - уменьшить мощность подстанций и сечения кабельных линий, что снизит их стоимость.

Вывод. Проанализировав подходы к решению вопроса компенсации реактивной мощности мы выяснили что, мероприятия по компенсации реактивной мощности на предприятиях позволяют оптимизировать процессы энергосбережения, сделав распределительные сети более надёжными и экономичными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурбело М. Й. Компенсація реактивної потужності асинхронних двигунів в різко змінних режимах навантаження / М. Й. Бурбело, А. В. Гадай // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2008. - № 1. - С. 65-68.
2. Князевский Б. А., Липкин Б. Ю. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1979. – 431с.
3. Маліновський А. А. Основи електропостачання: навчальний посібник/ А.А. Маліновський, Б. К. Хохулін. - Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2005.- 324с.
4. Яцун М. А. Електричні машини. – Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2001. – 428 с.

Н. А. Несторук (канд. пед. наук, доц.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Р. О. Чухно

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ШЛЯХОМ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Анотація: У статті проведено огляд і аналіз підходів до вирішення питання компенсації реактивної потужності, представлені заходи по зниженню споживання реактивної потужності та заходи по компенсації, які дозволять оптимізувати процеси енергозбереження, зробивши розподільні мережі більш надійними й економічними, що є в даний час дуже актуально.

Ключові слова: компенсація реактивної потужності, конденсаторні батареї, синхронні двигуни, синхронні компенсатори.

N. Nestoruk (Candidate of Pedagogical Sciences),

Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»

R. Chukhno

Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»

ASPECTS OF OPTIMIZATION OF ENERGY SAVINGS BY COMPENSATION OF REACTIVE POWER

Annotation: The paper conducted a review and analysis of approaches to solving the problem of reactive power compensation presented measures to reduce reactive power consumption, and measures of compensation that will allow to optimize the processes of energy conservation by making distribution networks more reliable and efficient that is at this time is very important.

Key words: reactive power compensation, capacitor banks, synchronous motors, synchronous compensators.

УДК 622.002.5.001.63/66

О. І. Сергієнко (канд. тех. наук, доц.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

О. В. Гавенко

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

РОЗРОБКА ПЕРЕСУВНОЇ ПОВЕРХНЕВОЇ ДЕГАЗАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

Анотація: У статті представлена пересувна поверхнева дегазаційна установка, яка розроблена для підвищення ефективності дегазації вугільних шахт. Обґрунтований і виконаний вибір і розміщення електроустаткування на шахті «Стаханова».

Ключові слова: метаноповітряна суміш, дегазаційна установка, вакуум-насос, електроустаткування, краплевідокремлювач.

Актуальність проблеми. На сьогодні, зі збільшенням глибини ведення очисних робіт і великої віддаленості добувних діляниць від поверхневої дегазаційної станції, на шахті «Стаханова» значно зросла протяжність дегазаційних газопроводів, і як наслідок, знизилася ефективність дегазації підроблюваного масиву. Крім цього, обслуговування і ремонт більшої протяжності дегазаційних трубопроводів вимагає значних матеріальних витрат. Тому, для

підвищення ефективності дегазації була розроблена пересувна дегазаційна установка, що дозволяє вилучати метан з вертикальних свердловин, пробурених з поверхні над куполом обвалення (рис. 1) [1–4].

Мета статті полягає у розробці пересувної поверхневої дегазаційної установки та обґрунтування засобу її впровадження.

Основний матеріал дослідження. Тип та кількість працюючих вакуум насосів приймають в залежності від розрахункової витрати метаноповітряної суміші Q [$\text{м}^3/\text{хв}$]. На усмоктувальний трубопровід по дегазаційній мережі поступає метаноповітряна суміш у кількості $Q = 92,5 \text{ м}^3/\text{хв}$.

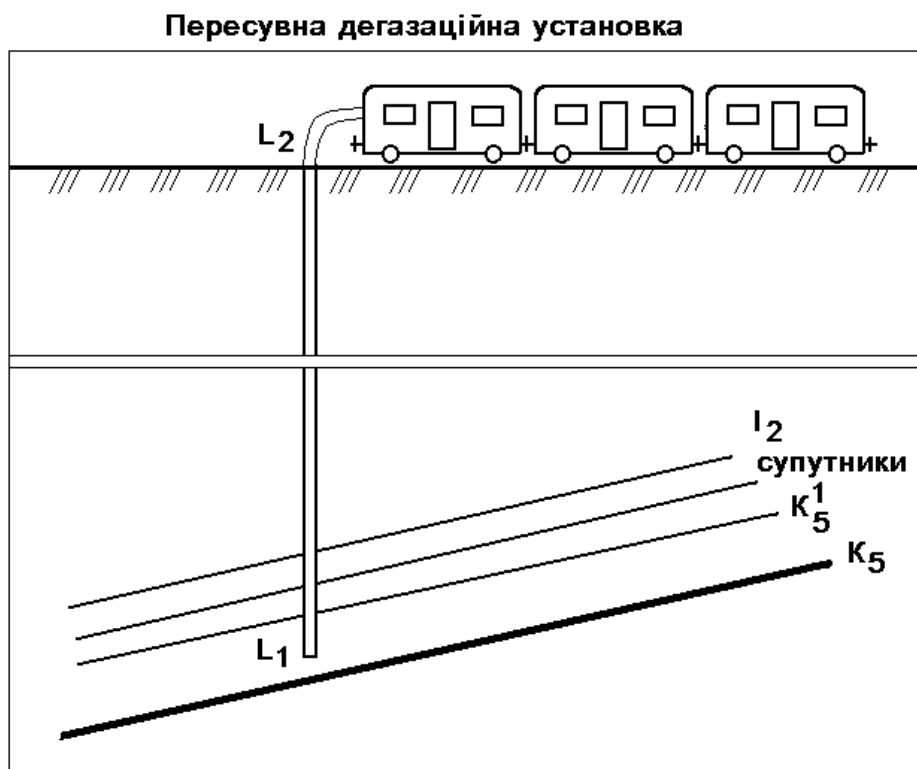


Рисунок 1 – Схематичне зображення поверхової пересувної дегазаційної установки.

За визначеною витратою метаноповітряної суміші приймаємо, що в роботі знаходяться 2 паралельно працюючих насоса ВВН-50, продуктивністю по $Q = 50 \text{ м}^3/\text{хв}$. Для роботи вакуум-насосів обираємо електродвигун АЗ 355М-10 потужністю 110 кВт.

Принцип роботи пересувної дегазаційної вакуум насосної станції (ПДВНС) полягає у наступному:

При паралельній роботі 2-х вакуум насосів ВВН-50, у загальному усмоктувальному трубопроводі створюється тиск $P_{\text{вс}} = 0,0049 \text{ МПа}$ (по характеристиці насоса). За рахунок цього розрядження відбувається усмоктування газу метану через дегазаційну свердловину.

Газ надходить у вагон №1 (рис. 2). У вагоні №1 газ надходить у полум'я гаситель (5), систему засувок (4), далі рухається через трійник (13) на полум'я гаситель (3), відкіля надходить в отсічний захисний клапан (2).

Пройшовши через отсічний захисний клапан (2), метаноповітряна суміш виділяє вологу в краплевідокремлювач (3). Потім через електрозасувку (6) надходить в усмоктувальний трубопровід вакуум насоса.

Вагон №2 (рис. 3). По усмоктувальному трубопроводу газ надходить на усмоктувальний патрубок ВВН-50 (1) і викидається у водовідокремлювач (2). З водовідокремлювача (2) через електрозасувку (6) по трубі Ду 250, що об'єднує видачу двох насосів, метан надходить на установку утилізації газу.

Захисний клапан отсікача (2) має прохідний отвір Д 250, що закривається шторою, сполученою через тягу з електросоленоїдом (котушка із сердечником, що втягується.). Робота цього клапанна багато функціональна, він може працювати, як аварійний клапан надлишкового тиску зниження відсоткового вмісту метану, і як отсікач для перекриття става при/або підвищення температури усередині установки (вагона). Він сполучений із датчиками тиску усередині става з аналізаторами утримання метану або термодатчиками. Метан надходить у краплевідокремлювач (1), що являє собою циліндр діаметром 375 мм і висотою 1757 мм, ізолюється виробами з мінеральної вати, має люки для ремонту й очищення.

У якості запірної арматури дегазаційних установок застосовуються спеціальні газові засувки з ручним висувним шпинделем і запірні засувки типу ЗКЛПЭ-250-16 (рис. 4) з електроприводом у вибухобезпечному виконанні.

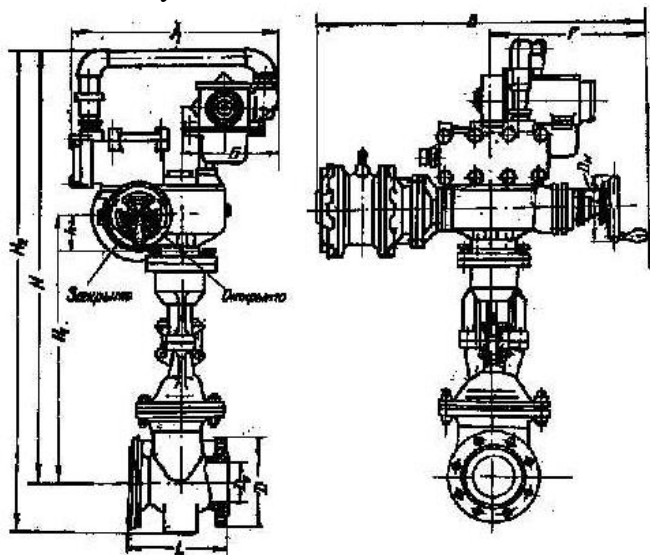


Рисунок 4 – Засувка типу ЗКЛПЭ

Керування засувками типу ЗКЛПЭ-250-16 дистанційне, із пульта керування або місцеве. Електропривод має аварійне ручне керування. Засувки встановлюються так, щоб шпиндель був у вертикальному положенні.

За електрозасувкою (6) через трійник, сполучена електрозасувка (6') (закрита при нормальному режимі роботи ПДВНС) через трійник із 250 мм на 80 мм із полум'я гасником (3') і аварійною свічею Д 250.

З трійника відходить труба 80 мм з автоматичним клапаном (7). Автоматичні захисні клапани типу ПК (рис. 5), використовувані в газовій промисловості, одержали найбільш широке поширення на шахтах.

При установці в схемах, захисні клапани типу ПК, обладнують електромагнітним приводом. При спрацьовуванні по якій/або причині клапанна отсікача (2) під час роботи вакуум насосів, у запобіганні аварійного навантаження, спрацьовує АК (7), що запобігає аварійному розрідженню, і захистить установку від перевантаження.

Вакуум насосна установка ВВН-50 має особливу схему циркуляції води. Тепла вода з водовідокремлювача (2) по зливальній трубі (10) надходить у бак (4). Потім вода з дна бака (4) під дією різниці атмосферного тиску і тиску усмоктування у вакуум насосі (1) надходить через трубу (10'') у вакуум насос (1). З вакуум насоса (1) вода надходить у водовідокремлювач разом із газом і процес повторюється. По трубі (10'') ця суміш подається в підшипники вакуум насоса (1) для охолодження чепцевих ущільнень.

Доля поповнення запасів води бака (4) вагона №2 із напірного бака (1) вагона №3 по трубі (10') надходить холодна вода у водовідокремлювач насосів (2).

Охолодження вакуум насоса (1) здійснюється за допомогою охолодження робочої води. Робоча вода проохолоджується радіаторною установкою, що складається з вентилятора (9) і радіатора (11). Якщо вода досягає норми нагрівання, включається водяний насос (2) і вентилятор радіаторної установки (9).

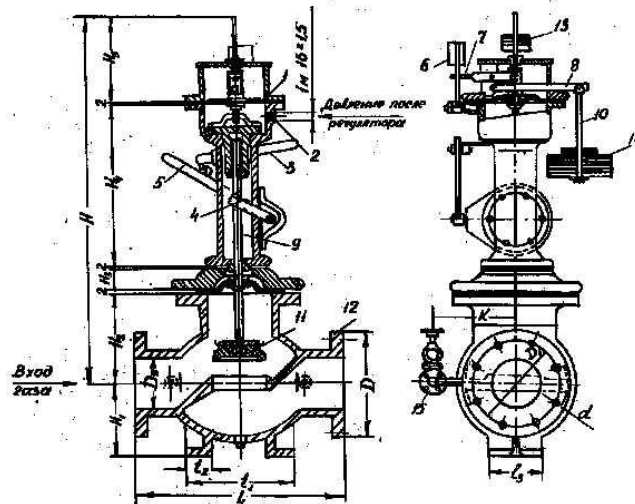


Рисунок 5 – Автоматичний захисний клапан типу ПК

У літній період насос ВНМ-18-2 (2) вагона №3 (рис. 6) качає воду по трубі (9) вагона №2 із бака (4) вагона №2, у вагон №3 через засувку (3') по трубі (4), у радіатор (при закритій засувці (3)). Вода з радіатора (11) по трубі (4'') через засувку (3'') надходить у вагон №2 по трубі (9') через засувку (8) (при закритих засувках (8') і (8'')) зливається в бак (4).

У зимовий період для обігріву вагона №1 і попередження конденсату в полум'я гасниках (5) і (3) змінюється порядок циркуляції для прохолодження води. У вагоні №3 закриваються засувки (3') і (3'') до половини, для запобігання замерзання системи радіатора (11) і відчиняється засувка (3). Вода перекачує у вагон №2 у трубу (9'), закривається засувка (8) і відчиняються засувки (8') і (8'') і надходить у вагон №1, проходить через систему опалення вагона №1 і повертається у вагон №2 по трубі (9'') у зливальний бак (4), через засувку (8'').

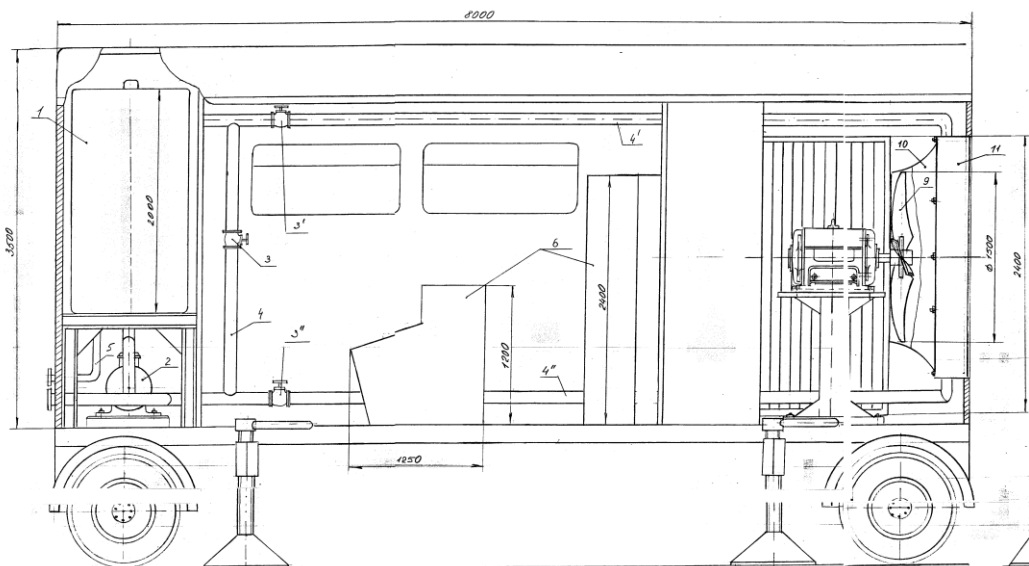


Рисунок 6 – Третій вагон ПДВНС (Радіаторна установка).

Висновки. Таким чином, для підвищення ефективності дегазації розроблена пересувна поверхнева дегазаційна установка. Виконаний і обґрунтований вибір і розміщення електроустаткування. Удосконалений принцип роботи дегазаційної установки. Для охоплення найбільших розмірів шахтного поля, установка встановлена на колеса, які передбачають своє розміщення у потрібних місцях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. Утверждены Министерством угольной промышленности СССР 05.01.1975 г. Москва, «Недра», 1976.-304с.

2. Справочник энергетика угольной шахты: В 2 т. / В.С. Дзюбан, И.Г. Ширнин, Б.Н. Ванеев, В.М. Гостищев; Под общ. Ред. Канд. Техн. Наук Б.Н. Ванеева.- Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2001. Т1 – 447 с, Т2 – 440 с.

3. Справочник по электроустановкам угольных предприятий. Электроустановки угольных шахт: Справочник/ В.Ф. Антонов, Ш.Ш. Ахмедов, С.А. Волотковский и др. Под общей ред. В.В. Дегтярева, В.И. Серова, Ю.Г. Цепелинсконого – М.: Недра, 1988. – 727 с.

4. Хорин В. Н. Машины и оборудование для угольных шахт. – М.: Недра, 1984. 248 с.: ил.

А. И. Сергиенко (канд. тех. наук, доц.),

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

О. В. Гавенко

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

РАЗРАБОТКА ПЕРЕДВИЖНОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ДЕГАЗАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

Аннотация: В статье представлена передвижная поверхностная дегазационная установка, разработанная для повышения эффективности дегазации угольных шахт. Обоснован и выполнен выбор и размещение электрооборудования на шахте «Стаханова».

Ключевые слова: метановоздушная смесь, дегазационная установка, вакуум-насос, электрооборудование, каплеотделитель.

A. Sergienko (Ph.D, Associate Professor),

Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»

A. Gavenko

Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»

DEVELOPMENT OF MOBILE SURFACE DEGASSING INSTALLATION

Annotation: The paper presents the traveling surface degasification plant, which is designed to improve the efficiency of degassing coal mines. Justified and executed The selection and placement of electrical equipment at the mine "Stakhanov".

Key words: methane mixture degasification unit, vacuum pump, electrical equipment, kapleotdelytel.

УДК 622.002.5.001.63/66

Л. В. Сергієнко (канд. тех. наук, науковий співробітник)

Інститут фізики гірничих процесів НАН України, м. Дніпро,

О. В. Гавенко

Індустриальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЕРЕСУВНОЇ ПОВЕРХНЕВОЇ ДЕГАЗАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Анотація: У статті удосконалена система енергозабезпечення пересувної поверхневої дегазацийної установки. Розроблена технологічна схема підключення газової електростанції до пересувної вакуум-насосної установки, яка дозволить підвищити безпеку ведення очисних робіт, значно скоротити витрати на електроенергію, а також послужить вирішенню питань утилізації метану.

Ключові слова: метаноповітряна суміш, дегазаційна установка, вакуум-насос, електроустаткування, газовий генератор, електростанція.

Постановка проблеми. В даний час, в усіх вугледобувних регіонах світу особливу значимість набуває проблема метану вугільних родовищ. Ця проблема, насамперед, торкається безпеки праці при веденні очисних робіт, видобутку метану, як альтернативного джерела енергоресурсів, а також рішення питань екології, пов'язаних з викидами метану в атмосферу вугледобувних підприємств.

Зі збільшенням глибини розробки газувугільних родовищ різко погіршилися гірничо-геологічні і гірничотехнічні умови ведення очисних робіт, в першу чергу, внаслідок збільшення природного змісту рудничних газів в гірських масивах та підвищення обсягів їх виділення в гірничі виробки. Підвищення метановиділення веде до обмеження швидкостей посування прохідницьких і очисних вибоїв по газовому фактору, в результаті збільшуються терміни підготовки виїмкових ділянок і зменшуються обсяги видобутку вугілля. Зниження метанообільності виробок здійснюється за допомогою дегазації вищерозташованих порід і пластів-супутників.

Аналіз попередніх досліджень. На сьогодні існує безліч схем буріння дегазаційних свердловин, що застосовуються для підвищення ефективності вилучення метану, однак із-за великої віддаленості видобувних ділянок і глибини ведення очисних робіт понад 1000 м, зокрема, на шахті ім. А.Г. Стаханова збільшилася довжина дегазаційних газопроводів, і як наслідок, знизилася ефективність дегазації. У попередній роботі «Розробка пересувної поверхневої дегазаційної установки», для підвищення ефективності дегазації товщі, що підроблюється, була розроблена поверхнева пересувна дегазаційна установка. За допомогою даної установки метан вилучається з вертикальних дегазаційних свердловин, пробурених з поверхні (рис. 1).

Це дозволило досягти значних обсягів каптованого газу з вмістом метану до 80 %. Високий вміст метану у каптованій метаноповітряній суміші дозволить використовувати його як енергетичний ресурс для підприємства, зокрема, для енергозабезпечення і самої пересувної поверхневої дегазаційної установки. Тому, удосконалення системи енергозабезпечення пересувної поверхневої дегазаційної установки є актуальною задачею, як з економічної, так і з екологічної точки зору.

Мета статті. З метою удосконалення системи енергозабезпечення була розроблена технологічна схема підключення газової електростанції до пересувної поверхневої вакуум-насосної установки [1-3], яка представлена на рисунку 2.

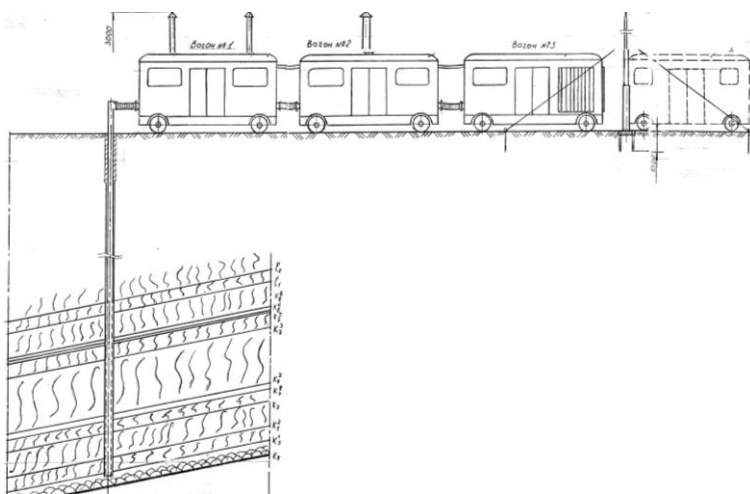


Рисунок 1 – Схематичне зображення поверхневої пересувної дегазаційної установки

Викладення основного матеріалу дослідження. Для отримання газоповітряної суміші необхідної концентрації (від 25% до 40 %) з вакуум-насосів 1 пересувної поверхневої дегазаційної установки газ надходить на установку підвищення концентрації метану, яка включає сепаратори-фільтри 5 і допоміжний насос 8. Далі газ поступає до осушувач-фільтру

7. Газоповітряна суміш, концентрація якої не відповідає необхідних значень, скидається в атмосферу через «свічку».

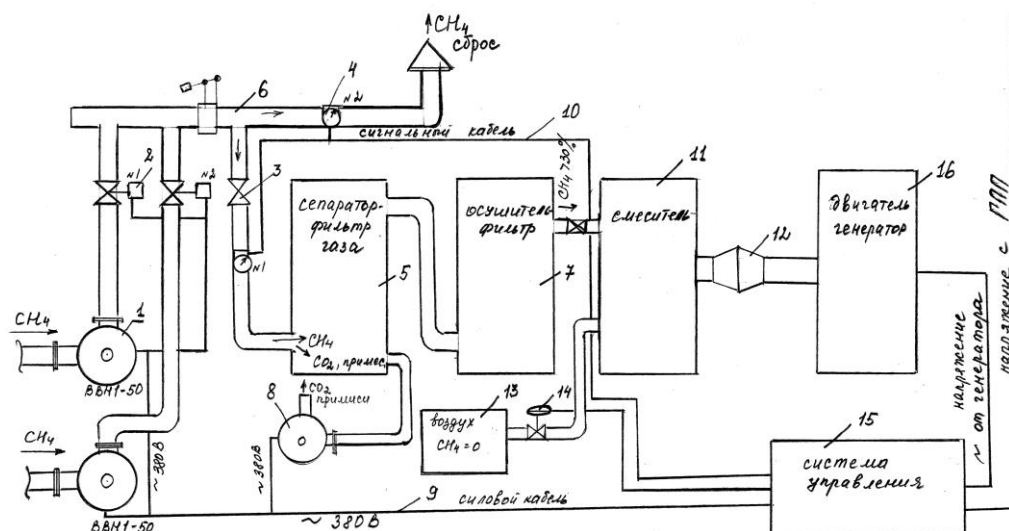


Рисунок 2 – Технологічна схема підключення газової електростанції до пересувної поверхневої вакуум-насосної установки: 1 – вакуум-насоси; 2 – електрична засувка; 3 – засувка; 4 – редуктор тиску і манометр; 5 – сепаратор-фільтр газу; 6 – газопровід; 7 – осушувач-фільтр газу; 8 – допоміжний вакуум-насос; 9 – кабель електроживлення; 10 – сигнальний кабель; 11 – змішувач; 12 – полум'ягасник; 13 – установка для подачі чистого повітря; 14 – клапан; 15 – система управління; 16 – дизель-генератор

Також, в установці передбачається змішувач 11. Концентрація метану в змішувальній камері контролюється газоаналізатором. При значному підвищенні концентрації метану передбачається подача чистого повітря для її зниження. Підготовлений до використання паливний газ через полум'ягасник 12 подається на дизельний двигун газової електростанції REG G520-3-RE-LF(380B) (рис. 3).

Вироблена електроенергія надходить на систему управління 15, а потім на поверхневу вакуум-насосну установку і на шахтну підстанцію. Також, в проекті передбачається резервна подача електроенергії від шахтної підстанції.

Технічна характеристика REG G520-3-RE-LF(380B) приведена в таблиці 1, [4].



Рисунок 3 – Газова електростанція на 380.0 кВт — REG G520-3-RE-LF (380B)

Таблиця 1 – Технічна характеристика газової електростанції REG G520-3-RE-LF(380B)

п/п	Найменування	Показник
	Електростанція	
1.	модель	REG G520-3-RE-LF(380B)
2.	потужність	380 кВт
3.	паливо	магістральний газ – метан, зріджений газ, пропан
4.	тип запуску	електростартер
5.	режим експлуатації	основне або резервне
6.	охолодження	рідинне з радіатором

п/п	Найменування	Показник
7.	тиск газу	номінальне: 2 кПа – метан, 4 кПа – пропан, граничне від 1,5 до 5 кПа
	Генератор	
8.	тип електрогенератора	самозбудливий, безщітковий
9.	номінальна частота обертання (1/хв)	1500
10.	максимальна потужність (кВа)	522,5
11.	робоча потужність (кВа)	475
12.	частота (Гц)	50
13.	номінальна вихідна напруга (В)	380
14.	модель базового двигуна	REG K38
15.	тип двигуна	газопоршневої, 12-ті циліндровий 4-х тактний
16.	Витрата палива, природний газ (м³/год.)	129,2
17.	Габаритні розміри (мм)	4500x1700x2400
18.	маса (кг)	8000

Висновки. Таким чином, удосконалена система енергозабезпечення пересувної поверхневої дегазаційної установки. Розроблена технологічна схема підключення газової електростанції до пересувної вакуум-насосної установки, яка дозволить підвищити безпеку ведення очисних робіт, значно скоротити витрати на електроенергію, а також послужить вирішенню питань утилізації метану.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Справочник энергетика угольной шахты: В 2 т. / В.С. Дзюбан, И.Г. Ширнин, Б.Н. Ванеев, В.М. Гостищев; Под общ. Ред. Канд. Техн. Наук Б.Н. Ванеева.- Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2001. Т1 – 447 с, Т2 – 440 с.
2. Справочник по электроустановкам угольных предприятий. Электроустановки угольных шахт: Справочник/ В.Ф. Антонов, Ш.Ш. Ахмедов, С.А. Волотковский и др. Под общей ред. В.В. Дегтярева, В.И. Серова, Ю.Г. Цепелинсконого – М.: Недра, 1988. – 727 с.
3. Хорин В. Н. Машины и оборудование для угольных шахт. – М.: Недра, 1984. 248 с.: ил.
4. <http://www.gazg.ru/gazel/g690-3-re-lf>

Л. В. Сергиенко (канд. тех. наук, научный сотрудник)

Институт физики горных процессов НАН Украины

О. В. Гавенко

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПЕРЕДВИЖНОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ДЕГАЗАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Аннотация: В статье усовершенствованна система энергообеспечения передвижной поверхностной дегазационной установки. Разработана технологическая схема подключения газовой электростанции к передвижной вакуум-насосной установки, которая позволит повысить безопасность ведения очистных работ, значительно сократить расходы на электроэнергию, а также послужит решению вопросов утилизации метана.

Ключевые слова: метановоздушная смесь, дегазационная установка, вакуум-насос, электрооборудование, газовый генератор, электростанция.

L.V. Sergienko (Ph.D, senior researcher)

Institute for Physics of Mining Processes, National Academy of Sciences of Ukraine

O. V. Gavenko

Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»

THE IMPROVEMENT OF THE SUPPLY SYSTEM FOR SURFACE MOBILE DEGASSING UNITS FOR THE RATIONAL USE OF ENERGY

Annotation: *In the article the advanced power supply system surface mobile degassing units. The technological scheme of connection of gas-fired power plants to mobile vacuum pump unit, which will improve the security of doing cleaning work, to significantly reduce energy costs, but also serve as a solution to the issues of utilization of methane.*

Key words: *methane-air mixture, degassing unit, vacuum pump, electrical equipment, gas generator, power station.*

УДК 681.5.08

Л. Г. Сергиенко (канд. пед. наук, доц.),

Индустриальный институт ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

Р. А. Чухно

Индустриальный институт ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

АНАЛИЗ РАБОТЫ СОВРЕМЕННОЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

Аннотация: *В данной статье проведен анализ современной релейной защиты и автоматики. Рассмотрены структурные схемы защитных устройств, детально изучены функциональные блоки. Проанализированы принципы работы релейных защит такие как: принцип селективности, принцип быстродействия, принцип чувствительности, принцип надежности. Проведен обзор общей противоаварийной системы*

Ключевые слова: *электрическое воздействие; электромеханика, автоматика, защитные реле; защитные электромеханические устройства*

Постановка проблемы. Первые эксперименты человека с электричеством и созданием цепей для прохождения тока сопровождались короткими замыканиями и неисправностями, во время которых приобретался опыт и знания, выявлялись закономерности протекающих процессов и вырабатывались правила эксплуатации.

На основе анализа допущенных ошибок начали создаваться устройства, предохраняющие оборудование и людей от электрического воздействия. Первыми такими приборами стали плавкие предохранители, которые перегорали при создании критических нагрузок, разрывая цепи электрического тока. Поэтому данная тематика для электромехаников является **проблемной, актуальной и востребованной**.

Анализ предыдущих исследований. Более сложные защитные конструкции начали массово внедряться после 1891 года, когда по проекту Михаила Осиповича Доливо-Добровольского [1] успешно транспортировали 220 кВт электрической энергии на 175 км с КПД в 77% на основе трехфазной системы напряжения, разработанной этим же ученым.

В основу работы защит был положен принцип реле — устройств, которые постоянно отслеживают какой-либо электрический параметр сети, а при достижении им критических величин срабатывают: резко меняют свое первоначальное состояние, коммутируя электрическую схему.

Первые устройства защит выполнялись на основе электромеханических конструкций реле, а специалистов, занимающихся их эксплуатацией стали называть термином «релейщики», который действует до настоящего времени.

Созданная в энергосистеме на основе постоянно приобретаемого опыта служба релейной защиты и автоматики (РЗА) занимается попутно другими сложными процессами, а именно:

- системами управления, включающими местные, дистанционные и удаленные способы;
- блокировками определенных устройств;
- цепями сигнализации, позволяющими анализировать происходящие в сети события;
- измерениями различных электрических величин в действующих схемах;
- анализом качества произведенных замеров на основе метрологических эталонов, а также некоторыми другими функциями.

Цель данной статьи – рассмотреть принципы построения схемы защитных электромеханических устройств.

Основной материал. Довольно громоздкая и сложная первоначальная база на основе электромеханических конструкций постоянно совершенствуется и модифицируется. Для работы защит вводятся новые современные технические разработки. В современных энергетических комплексах успешно сочетаются электромагнитные, индукционные, статические — полупроводниковые [2] и микропроцессорные устройства.

Их объединяет практически не меняющийся базовый алгоритм процессов, который модернизируется для каждого конкретного случая. Основные функции защиты демонстрирует структурная схема:



Рисунок 1 – Основные функции защитных устройств

Рассмотрим работу каждого блока в отдельности:

1. Блок наблюдения. Его основная функция сводится к мониторингу происходящих электрических процессов в системе на основе замеров от измерительных трансформаторов тока и/или напряжения. Выходные снимаемые сигналы с блока могут прямо передаваться логической схеме для сравнения с заданными пользователем величинами отклонений от номинальных значений, называемых уставками либо первоначально преобразовываться в цифровую форму.

2. Блок логики и анализа. Здесь осуществляется сравнение входящих сигналов с граничными характеристиками уставок. Малейшее совпадение между ними приводит к выдаче команды на срабатывание защит.

3. Блок исполнительный. Он постоянно поддерживается в готовности к срабатыванию по командам логического блока. При этом происходят переключения в схеме электроустановки по заранее предусмотренному алгоритму, исключающему повреждения оборудования и получение электротравм персоналом.

4. Блок сигнализации. Происходящие в системе процессы совершаются так быстро, что человек не способен их воспринимать своими органами. Для фиксации совершенных событий устанавливаются сигнальные устройства, которые используют методы визуального, звукового воздействия с сохранением в памяти схемы произошедших изменений.

Во всех конструкциях сигнализации перевод ее состояния после работы в исходное положение выполняется разово вручную оператором, что исключает потерю информации о работе защит автоматикой.

Принципы работы защит. Очень серьезное отношение к надежности и безопасности использования электроэнергии определило основные требования, которым должны отвечать системы релейной защиты. Однако они тоже являются техническими устройствами, а значит: обладают возможностями нарушения правильной работоспособности.

Отказ систем РЗА возможен при:

- неисправностях внутри защит;
- излишних срабатываниях, когда действие исполнительного органа не требуется;
- ложной работе при отсутствии повреждений электрической системы.

Для исключения отказов в процессе эксплуатации проводится разработка проекта, монтаж, наладка с вводом в работу и обслуживание устройств релейной защиты с учетом выработанных требований к РЗА по:

- избирательности с учетом иерархии схемы;
- быстродействию, определяемому временем срабатывания;
- чувствительностью к пусковым факторам;
- надежностью работы.

Принцип селективности. Другое распространенное его название — избирательность. Эта характеристика позволяет точно выявить и локализовать место проявившейся неисправности в структурированной сети с любой иерархией (см. рис. 2).

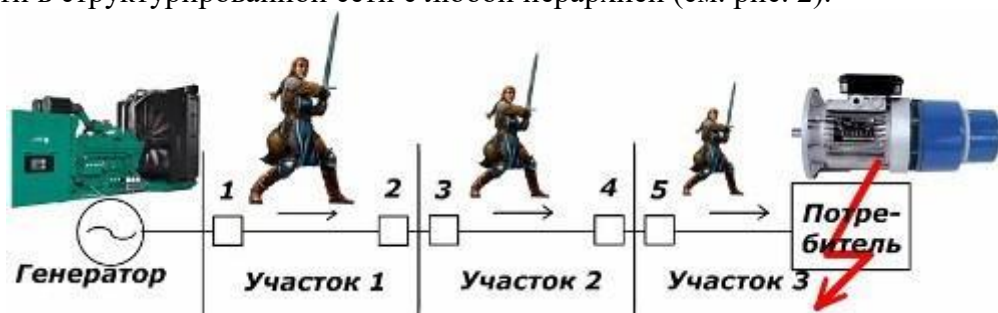


Рисунок 2 – Селективный принцип выявления неисправности сети

К примеру, на рисунке 2 генератор передает электрическую энергию [3] многим потребителям, расположенным на участках №1, 2 и 3, . своими защитами 1-2, 3-4 и 5 соответственно. При возникновении короткого замыкания внутри конечного потребителя на участке №3, токи повреждения пройдут по всем защитах схемы от источника.

Однако, в данной ситуации имеет смысл отключать конечный участок с поврежденным электродвигателем, оставляя в работе все действующие устройства. С этой целью вводятся разные уставки релейной защиты для каждой цепи на стадии проекта схемы.

Защитные устройства участка 5 должны раньше почувствовать токи неисправности и быстрее обеспечить их аварийное отключение от генератора. Поэтому в приведенной схеме величины уставок по току и времени на каждом участке уменьшаются от генератора к потребителю с соблюдением принципа: чем ближе к месту повреждения, тем выше чувствительность.

При этом выполняется принцип резервирования, учитывающий возможность отказа любых технических устройств, включая защитные системы более низкого уровня. Это значит: при неисправности защит 5 участка 3 короткое замыкание должны отключить устройства РЗА №4 или 5 линии №2, которые, в свою очередь, страхуются защитами участка №1.

Принцип быстродействия. Время отключения повреждения складывается минимум из двух факторов:

1. срабатывания защиты;
2. работы привода выключателя.

Первый параметр можно регулировать от минимального значения, обусловленного конструкцией защиты и количеством используемых элементов. Такими методами создается задержка времени на срабатывание включением в схему специальных регулируемых реле. Она используется для более дальних защит.

Близкорасположенные к месту повреждения устройства должны настраиваться на работу с минимально возможными интервалами времени на срабатывание (см. рис. 3).



Рисунок 3 – Принцип быстрого действия определения неисправности сети

Принцип чувствительности. Эта характеристика позволяет определять виды расчетных повреждений и аномальных ситуаций энергосистемы внутри действующей зоны защит (см. рис. 4).



Рисунок 4 – Чувствительность устройств РЗА

Для определения ее численного выражения вводится коэффициент $K_{\text{ч}}$, вычисляемый отношением минимальной величины тока КЗ для участка к значению тока срабатывания. При этом устройства РЗА работают правильно при $I_{\text{сз}} < I_{\text{кз min}}$.

Оптимальное значение коэффициента чувствительности лежит в пределах 1,5-2.

Принцип надежности. Для его определения введены термины:

- безотказной работы;
- ремонтпригодности;
- долговечности;
- сохраняемости.

Каждый из них имеет свои критерии оценки (см. рис. 5).

Эксплуатация и обслуживание устройств релейной защиты рассматривают три варианта надежности по функциям срабатывания:

1. при внутренних коротких замыканиях в защищаемой зоне;



Рисунок 5 – Надежность устройств РЗА

2. во время прохождения внешних КЗ за пределами рабочего участка;

3. в режимах без повреждений.

При этом надежность подразделяют на:

- эксплуатационную;

- аппаратную.

Противоаварийное управление. Любой блок релейной защиты не только является самостоятельной схемой, но объединяется в вышестоящие комплексы, составляющие в итоге систему противоаварийного управления энергосистемы. У нее каждый элемент взаимосвязан с другими компонентами и комплексно выполняет свои задачи.

Сокращенный перечень функций защит и автоматики демонстрирует упрощенная структурная схема (см. рис. 6).



Рисунок 6 – Противоаварийное управление энергосистемы

В качестве резюме следует отметить, что краткое изложение особенностей работы релейных защит и автоматики позволяет сделать вывод, что профессия релейщика требует постоянного изучения поступающего в эксплуатацию оборудования, совершенствования знаний и формирования прочных практических навыков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В. С. Реле защиты / Варганов Г. П, Панфилов Б. И, Розенблюм Р. З. – Москва, 1976
2. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. В 3-х ч. Ч. 1. Линейные электрические цепи: Учеб. для вузов.- 5-е изд., испр. и доп. М. - «Энергия», 2000.- 592с. ил.
3. И. С. Таев, Б. К Буль, А. Г. Годжело и др., Основы теории электрических аппаратов. Учеб. Для вузов. М.: Высш шк. 1999. - 352.

Л. Г. Сергієнко (канд. пед. наук, доц.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Р. А. Чухно

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

АНАЛІЗ РОБОТИ СУЧАСНОГО РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ І АВТОМАТИКИ

Анотація: В даній статті було проведено аналіз сучасного релейного захисту та автоматики. Розглянуті структурні схеми захисних пристроїв, детально вивчені функціональні блоки. Проаналізовані принципи роботи релейного захисту таких як: принцип селективності, принцип швидкодії, принцип чутливості, принцип надійності. Проведено огляд загальної протиаварійної системи.

Ключові слова: *електрична вплив, електромеханіка, автоматика, захисні реле, захисні електромеханічні пристрої.*

L. Sergiyenko (Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor),
Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»
R. Chukhno
Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»

ANALYSIS OF THE WORK OF MODERN RELAY PROTECTION AND AUTOMATION

Annotation: This article analyzes modern relay protection and automation. Structural diagrams of protective devices are considered, functional blocks are studied in detail. The principles of the operation of relay protection such as the principle of selectivity, the principle of speed, the principle of sensitivity, the principle of reliability are analyzed. The general system of the emergency control system has been reviewed.

Key words: electric impact; *elektromehanyka*, automation, protective relay; *elektromehanycheskye protective device*.

УДК 621.311

В. Ф. Сивокобиленко, (д-р техн. наук, профессор),
ВНЗ «Донецький національний технічний університет»

В. В. Запорожченко,
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПУСКОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛИБОКОПАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Анотація: У даній роботі був розглянут асинхронний двигун. Отримано залежність від ковзання струму статора і моменту. Наведено метод визначення параметрів заступних схем і пускових характеристик асинхронних двигунів, що може знайти широке застосування при аналізі режимів роботи систем електропостачання.

Ключові слова: асинхронний двигун, пуск, метод, пускові характеристики, глибокопазний двигун, режим роботи, електропривід.

Постановка проблеми. З-посеред багатьох типів електричних двигунів постійного чи змінного струму найпростішу конструкцію мають асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором (АДКР). Простота будови зумовлює їх відносно низьку собівартість, надійність та незначні витрати під час експлуатації. Ці переваги АДКР зумовили їх масове застосування. Донедавна значним недоліком АДКР були труднощі організації схеми регулювання їх частоти обертання, проте наявність серійних пристроїв перетворення частоти із відповідною зміною напруги живлення двигуна усунула цю проблему.

Однак у переважній більшості випадків АДКР використовуються як електропривід без регулювання частоти обертання, і тут незважаючи на усі позитивні сторони застосування АДКР з'являється їх суттєвий недолік – проблема пуску.

Аналіз попередніх досліджень. Використовування плавного пуску з метою зменшення пускового струму у разі навантаження близького до номінального можна лише у випадку, якщо двигун має високий природний стартовий момент. Інакше доведеться подбати про заміну двигуна. З іншого боку, прямий пуск ненавантаженого двигуна може викликати проблеми із надлишковим обертовим моментом, що призводить до різкого удару по валу механізму, який приводиться в рух, з усіма негативними наслідками.

Мета статті. Розрахувати параметри схеми заміщення для заданого типу асинхронного двигуна по його каталожним даним і виконати моделювання пуску двигуна.

Викладення основного матеріалу дослідження. Будемо вважати, що нам відомі каталожні дані асинхронного двигуна(АД) і потрібно визначити залежності від ковзання

струму статора та обертового моменту ротора. В заводських формулярах приводять номінальні значення активної потужності P_H , струму I_H і напруги U_H статора, ковзання S_H , КПД, $\cos \phi_H$, а також пускового струму статора I_{Π} і моменту M_{Π} при $s=1$ та максимального моменту $M_{\max}$. Наприклад для двигуна типу ДАЗО-15-69 відомі його наступні каталожні дані: $P_H = 800$ кВт, $U_H = 6$ кВ, $I_H = 94$ А,

$$\cos \phi_H = 0,88, \eta_H = 0,925, I_{\Pi} = 5,5, M_{\Pi} = 0,8, M_{\max} = 2,7, S_H = 0,00933.$$

Приймемо за основу заступну схему АД з еквівалентним двоконтурним ротором (рис.1), яку запропоновано в роботі[1] і рекомендовано для статора активний опір у відносних одиницях приймати рівним номінальному ковзанню ($R_S = S_H$), а індуктивний опір розсіювання як $X_{\sigma S} = [(2 \div 3) \cdot I_{\Pi}]^{-1}$.

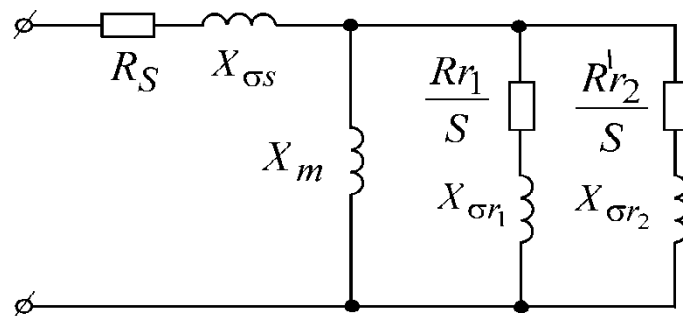


Рисунок 1 – Заступна схема АД

Втратами в сталі будемо нехтувати і тому скорегуємо КПД і $\cos \phi_H$

$$\eta_H' = 1 - R_S - \frac{\eta_H \cdot \cos \phi_H \cdot S_H}{1 - S_H}; \quad \cos \phi_H' = \frac{\eta_H \cdot \cos \phi_H}{\eta_H'}.$$

Знаходимо індуктивний опір гілки намагнічування

$$X_m = \left[\sin \phi_H' - \left(M_{\max} - \sqrt{M_{\max}^2 - 1} \right) \cdot \cos \phi_H' \right]^{-1} - X_{\sigma S}.$$

Вхідні опори АД при ковзаннях S_H та $S_H = 1$ дорівнюють

$$R_{\text{ex}}^{S_H} = \cos \phi_H'; \quad X_{\text{ex}}^{S_H} = \sin \phi_H'; \quad R_{\text{ex}}^{S=1} = R_S + \frac{M_n \cdot \cos \phi_H' \cdot \eta_H'}{I_n^2 \cdot (1 - S_H)}; \quad X_{\text{ex}}^{S=1} = \sqrt{(I_n)^{-2} - (R_{\text{ex}}^{S=1})^{-2}},$$

а провідності ротора при цих ковзаннях знайдемо як

$$Y_r^{\text{ex}}(S) = (Z_{\text{AD}}^{\text{ex}}(S) - Z_s)^{-1} - (j \cdot X_m)^{-1} = g_r^{\text{ex}} + j \cdot b_r^{\text{ex}}$$

Тепер визначимо опори першого і другого контурів ротора

$$R_{r1} = \frac{g_r^{S_H}}{(g_r^{S_H})^2 + (b_r^{S_H})^2}; \quad X_{\sigma r1} = \frac{b_r^{S_H}}{(g_r^{S_H})^2 + (b_r^{S_H})^2}; \quad g_{r2} = g_r^{S=1} - \frac{R_{r1}^{S=1}}{(R_{r1}^{S=1})^2 + (X_{\sigma r1}^{S=1})^2};$$

$$b_{r2} = b_r^{S=1} - \frac{X_{r1}^{S=1}}{(R_{r1}^{S=1})^2 + (X_{r1}^{S=1})^2}; \quad R_{r2} = \frac{g_{r2}}{(g_{r2})^2 + (b_{r2})^2}; \quad X_{r2} = \frac{b_{r2}}{(g_{r2})^2 + (b_{r2})^2}.$$

Визначені за наведеними формулами параметри заступної схеми у відносних одиницях для АД типу ДАЗО-15-69 склали:

$$R_s = 0,00933; \quad X_{\sigma s} = 0,061; \quad X_m = 2,429; \quad R_{r1} = 0,0103; \quad X_{r1} = 0,163; \quad R_{r2} = 0,317; \quad X_{r2} = 0,43.$$

Розрахунок струмів статора і моментів для області ковзань від 0 до 1 виконаємо за допомогою виразів:

$$I_s(s) = R_s + li \cdot X_{\sigma s} + \left[(li \cdot X_m)^{-1} + (R_{r1}/s + li \cdot X_{r1})^{-1} + (R_{r2}/s + li \cdot X_{r2})^{-1} \right]^{-1};$$

$$M(s) = \left| \frac{U_s - (R_s + li \cdot X_{\sigma s}) \cdot I_s(s)}{R_{r1}/s + li \cdot X_{r1}} \right|^2 \cdot \frac{R_{r1}}{s \cdot \cos \phi_H \cdot \eta_H} + \left| \frac{U_s - (R_s + li \cdot X_{\sigma s}) \cdot I_s(s)}{R_{r2}/s + li \cdot X_{r2}} \right|^2 \cdot \frac{R_{r2}}{s \cdot \cos \phi_H \cdot \eta_H}$$

Отримані залежності від ковзання струму статора та моменту приведені відповідно на рис.2 та рис.3. Як видно з приведених даних розрахункові значення відрізняються від каталожних не більше ніж на 3-4 %.

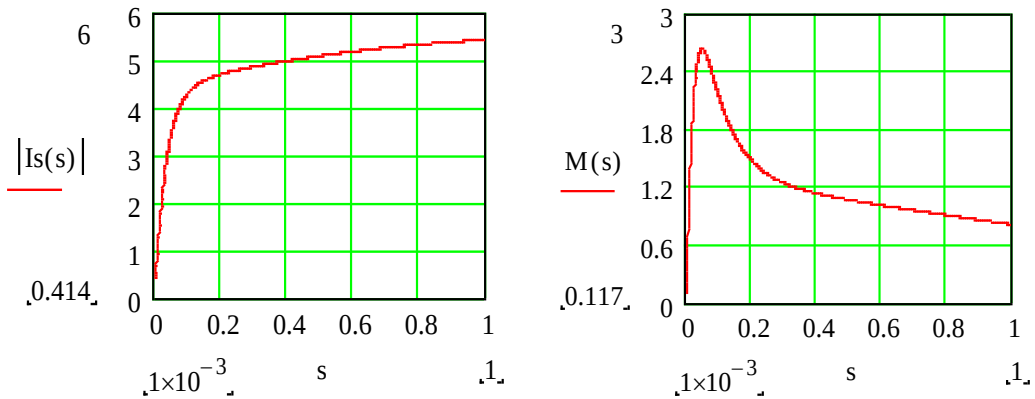


Рисунок 2 – Залежності від ковзання струму статора і моменту

$$i_m = \sin \phi_H' - \left(M_{\max} - \sqrt{M_{\max}^2 - 1} \right) \cdot \cos \phi_H' = 0,561 - \left(2,7 - \sqrt{2,7^2 - 1} \right) \cdot 0,828 = 0,402 \text{ о.е.}$$

$$X_m = \frac{1}{i_m} - X_{\sigma s} = \frac{1}{0,402} - 0,061 = 2,429 \text{ о.е.}$$

$$R_{\text{ex}}^{S_H} = \cos \phi_H' = 0,828, \quad X_{\text{ex}}^{S_H} = \sin \phi_H' = 0,561 \text{ о.е.}$$

$$R_{\text{ex}}^{S=1} = R_s + \frac{M_n \cdot \cos \phi_H' \cdot \eta_H}{I_n^2 \cdot (1 - S_H)} = 0,00933 + \frac{0,8 \cdot 0,828 \cdot 0,963}{5,5^2 \cdot (1 - 0,00933)} = 0,032 \text{ о.е.}$$

$$X_{\text{ex}}^{S=1} = \sqrt{\frac{1}{I_n^2} - (R_{\text{ex}}^{S=1})^2} = \sqrt{\frac{1}{5,5^2} - 0,032^2} = 0,181 \text{ о.е.}$$

$$g_r^{S=1} = \frac{R_{\text{ex}}^{S=1} - R_s}{(R_{\text{ex}}^{S=1} - R_s)^2 + (X_{\text{ex}}^{S=1} - X_{\sigma s})^2} = \frac{0,032 - 0,00933}{(0,032 - 0,00933)^2 + (0,181 - 0,061)^2} = 1,496$$

$$e_r^{S=1} = \frac{X_{\sigma S}^{S=1} - X_{\sigma S}}{(R_{\sigma S}^{S=1} - R_S)^2 + (X_{\sigma S}^{S=1} - X_{\sigma S})^2} - \frac{1}{X_m} = 7,625 \text{ о.е.}$$

$$g_r^{S_H} = \frac{R_{\sigma S}^{S_H} - R_S}{(R_{\sigma S}^{S_H} - R_S)^2 + (X_{\sigma S}^{S_H} - X_{\sigma S})^2} = \frac{0,828 - 0,00933}{(0,828 - 0,00933)^2 + (0,561 - 0,061)^2} = 0,89 \text{ о.е.}$$

$$e_r^{S_H} = \frac{X_{\sigma S}^{S_H} - X_{\sigma S}}{(R_{\sigma S}^{S_H} - R_S)^2 + (X_{\sigma S}^{S_H} - X_{\sigma S})^2} - \frac{1}{X_m} = 0,132 \text{ о.е.}$$

$$R_{r1} = \frac{g_r^{S_H} \cdot S_H}{(g_r^{S_H})^2 + (e_r^{S_H})^2} = \frac{0,89 \cdot 0,00933}{0,89^2 + 0,132^2} = 0,0103 \text{ о.е.}$$

$$g_{r2}^{S=1} = g_r^{S=1} - \frac{R_{r1}^{S=1}}{(R_{r1}^{S=1})^2 + (X_{\sigma r1}^{S=1})^2} = 1,496 - \frac{0,0103}{0,0103^2 + 0,163^2} = 1,11 \text{ о.е.}$$

$$e_{r2}^{S=1} = e_r^{S=1} - \frac{X_{\sigma r1}^{S=1}}{(R_{r1}^{S=1})^2 + (X_{\sigma r1}^{S=1})^2} = 7,625 - \frac{0,163}{0,0103^2 + 0,163^2} = 1,507 \text{ о.е.}$$

$$R_{r2} = \frac{g_{r2}^{S=1}}{(g_{r2}^{S=1})^2 + (e_{r2}^{S=1})^2} = \frac{1,11}{1,11^2 + 1,507^2} = 0,317 \text{ о.е.}$$

$$X_{\sigma r2} = \frac{e_{r2}^{S=1}}{(g_{r2}^{S=1})^2 + (e_{r2}^{S=1})^2} = \frac{1,507}{1,11^2 + 1,507^2} = 0,43 \text{ о.е.}$$

Висновки. Наведено метод визначення параметрів заступних схем і пускових характеристик асинхронних двигунів, який може знайти широке застосування при аналізі режимів роботи систем електропостачання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сивокобыленко В. Ф. Математическое моделирование в электротехнике и энергетике: Учеб. пособ. Донецк: РВА ДонНТУ, 2005. - 350 с.

В. Ф. Сивокобыленко (д-р техн. наук, профессор),

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

В. В. Запорожченко

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕОРИЙ МНОГОМЕРНЫХ СИСТЕМ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ

Аннотация: В данной работе был рассмотрен асинхронный двигатель. Получена зависимость от скольжения тока статора и момента. Приведен метод определения параметров схем замещения и пусковых характеристик на асинхронных двигателях, может найти широкое применение при анализе режимов работы систем электроснабжения.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, пуск, метод, пусковые характеристики, глубокопазный двигатель, режим работы, электропривод.

V. Sivokobylenko (Dr. Sc. (Tech.), Prof.),

Donetsk national technical university

V. Zaporozhchenko

Donetsk national technical university

ANALYSIS OF THE MODERN CONDITION OF THE THEORIES OF MULTIDIMENSIONAL SYSTEMS OF ORTHOGONAL FUNCTIONS

Annotation: In this paper, an asynchronous motor was considered. The dependence on the slip of the stator and torque current is obtained. A method for determining the parameters of replacement circuits and starting characteristics for asynchronous motors is given, and can be widely used in analyzing the operation modes of power supply systems.

Key words: *Asynchronous motor starting, method, starting characteristics, hlybokopaznyy engine operation, electric.*

УДК 621

М. В. Чашко (канд. техн. наук, доц.)

Индустриальный институт ГБУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ГЕНЕРАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА ВИБРАЦИЕЙ

Аннотация: Доказанные энергетические параметры преобразования механической энергии в электрическую вибрацией.

Ключевые слова: *вибрационный генератор, электромеханическое преобразование энергии.*

Введение. Работа посвящена преобразованию механической энергии в электрическую изменением сопротивления магнитному потоку.

Актуальность обусловлена возможностью повысить мощность в единице объема электрогенератора по сравнению с традиционными преобразователями.

В настоящее время механическая энергия преобразуется в электрическую перемещением проводника в магнитном поле (рис.1,а). При этом необходим воздушный зазор, достаточный для перемещения проводника без трения. Воздушный зазор обуславливает м.д.с., достаточную для создания необходимого магнитного потока. А м.д.с. предопределяет размеры генератора и потери в нем.

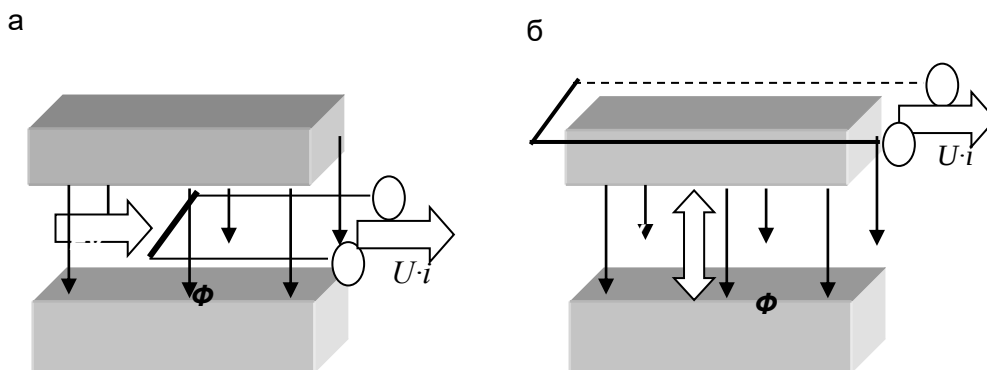


Рисунок 1 – Способы преобразования механической энергии в электрическую:
а – традиционный, б – изменением зазора магнитопровода.

Представляется возможным другой способ преобразования. Механическая энергия в виде вибрации изменяет воздушный зазор, тем самым изменяя сопротивление магнитному потоку при неизменной м.д.с. (рис.1,б). Поскольку перемещение

происходит перпендикулярно плоскости зазора, избегать трения не приходится и воздушный зазор может быть как угодно малым. При этом м.д.с. имеет минимальное значение, соответственно, можно ожидать минимальные размеры и потери преобразователя.

Цель работы – оценить энергетические параметры способа генерации энергии изменением воздушного зазора.

Материалы и результаты исследования.

Для оценки параметров определяется значение напряжения на выходе генератора как функция амплитуды и частоты изменения воздушного зазора и тока нагрузки.

Исходные зависимости [1, с.15, 33, 445]

$$\Phi = (I_B + i_H) / R_M, \quad (1)$$

$$i_H = u / R_H, \quad (2)$$

$$u = -d\Phi / dt, \quad (3)$$

$$R_M = x(t) / s\mu_0, \quad (4)$$

где Φ – магнитный поток, Вб;

I_B – магнитодвижущая сила возбуждения, А.

i_H – ток нагрузки, А;

R_M – сопротивление магнитному потоку, $(\text{Ом} \cdot \text{с})^{-1}$;

u – индуцированное напряжение, В/виток;

R_H – сопротивление нагрузки, Ом;

s – площадь воздушного зазора, м^2 ;

x – воздушный зазор, м;

μ_0 – магнитная проницаемость воздуха, Гн/м.

Из этих формул следует [2, с. 453]

$$\frac{d\Phi}{dt} + R_M R_H \Phi = I_B R_H, \quad (5)$$

$$\Phi = \frac{I_B}{R_M} \left(1 - e^{-R_M R_H t} \right). \quad (6)$$

Среднее значение генерируемого напряжения определяется как разность между значениями магнитного потока, соответствующими максимальному и минимальному значениям зазора, разделенную на половину периода изменения. В результате

$$U = \frac{2I_B s \mu_0 f}{x_{\min} + \Delta_{\text{ВИБР}}} \left(1 - e^{-\frac{x_{\min} + \Delta_{\text{ВИБР}}}{2s\mu_0 f} R_H} \right). \quad (7)$$

U – напряжение, среднее за период, В;

f – частота изменения зазора, Гц;

$x_{\min}$ – минимальное значение зазора, м;

$\Delta_{\text{ВИБР}}$ – разность между максимальным и минимальным значениями зазора, м.

Из формулы (7) видно, что напряжение пропорционально м.д.с. возбуждения I_B .

Но пропорциональность имеет место, пока магнитопровод в ненасыщенном состоянии, индукция в нем $B < I_B \mu_0 / x$, так что наибольшего значения в функции м.д.с. возбуждения напряжение достигает при

$$I_{B\max} = B_{\max} x_{\min} / \mu_0,$$

$B_{\max}$ – индукция насыщения магнитопровода, Т;

Подстановкой этого значения м.д.с. в формулу (7) получается зависимость напряжения от индукции насыщения:

$$U = \frac{2B_{\max}x_{\min}sf}{x_{\min} + \Delta_{\text{вибр}}} \left(1 - e^{-\frac{x_{\min} + \Delta_{\text{вибр}}}{2s\mu_0 f} R_H} \right). \quad (8)$$

На рис. 2 представлены зависимости выходного напряжения U , В/виток, от тока нагрузки $I=U/R_H$, в ампервитках, при частотах изменения зазора 10 и 20 Гц и максимальной индукции 1 Тл.

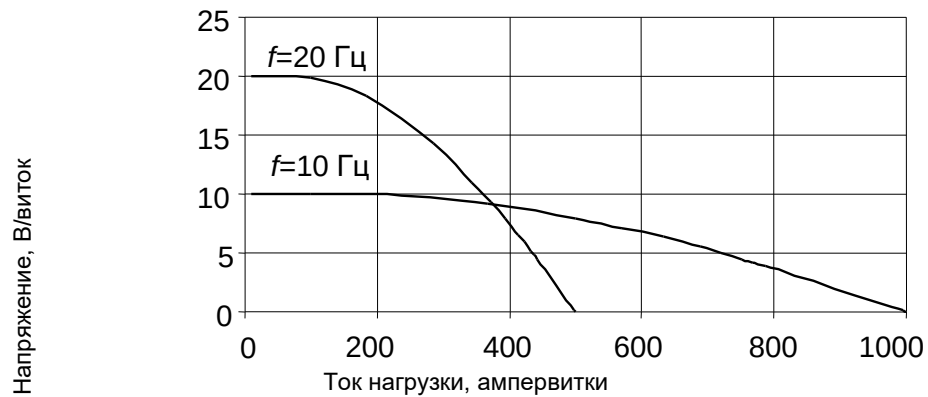


Рисунок 2 – Внешние характеристики генератора.

Из графика видно, что при увеличении частоты увеличивается напряжение холостого хода и уменьшается ток короткого замыкания. Это обусловлено тем, что ток нагрузки существенно влияет на магнитный поток, препятствуя его изменению.

На рис.3 представлена зависимость мощности, отдаваемой в нагрузку генератором, – при тех же условиях.

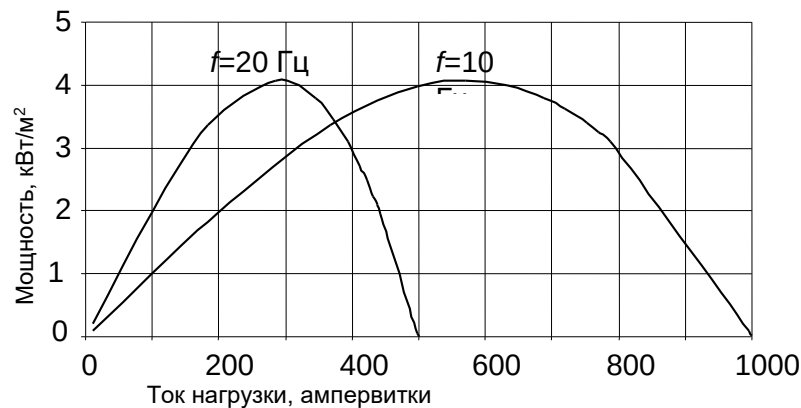


Рисунок 3 – Мощность генератора.

Из графика видно, что максимум мощности от частоты не зависит, от нее зависит только ток нагрузки, при котором имеет место максимум. Это обусловлено предельным значением индукции магнитного потока, который проходит в зазоре.

Сравниваются мощности, которые можно получить генерацией вибрацией и генерацией традиционным образом – вращением проводящей рамки в магнитном поле. Мощность определяется как

$$P = U^2/R_H.$$

На основании уравнения (8) мощность генерирования вибрацией

$$P_{\text{ВИБ}} = \frac{1}{R_H} \left(\frac{2I_B s \mu_0 f}{x_{\min} + \Delta_{\text{ВИБ}}} \right)^2 \left(1 - e^{-\frac{x_{\min} + \Delta_{\text{ВИБ}}}{2s\mu_0 f} R_H} \right)^2. \quad (9)$$

Мощность генерирования перемещением

$$P_{\text{ПЕРЕМ}} = \frac{1}{R_H} \left(\frac{2I_B s \mu_0 f}{\Delta_{\text{ПЕРЕМ}}} \right)^2. \quad (10)$$

$\Delta_{\text{ПЕРЕМ}}$ – зазор, необходимый для перемещения проводника, м.
Отношение мощностей

$$\frac{P_{\text{ВИБ}}}{P_{\text{ПЕРЕМ}}} = \left(\frac{\Delta_{\text{ПЕРЕМ}}}{x_{\min} + \Delta_{\text{ВИБ}}} \right)^2 \left(1 - e^{-\frac{x_{\min} + \Delta_{\text{ВИБ}}}{2s\mu_0 f} R_H} \right)^2 \quad (11)$$

Уравнение (11) трансцендентное, в общем виде его не разрешить, оценка производится в двух областях, где можно получить хорошее приближение.

1. При $\frac{x_{\min} + \Delta_{\text{ВИБ}}}{2s\mu_0 f} R_H \rightarrow \infty$

$$\frac{P_{\text{ВИБ}}}{P_{\text{ПЕРЕМ}}} \approx \left(\frac{\Delta_{\text{ПЕРЕМ}}}{x_{\min} + \Delta_{\text{ВИБ}}} \right)^2. \quad (12)$$

Порядок значений $\Delta_{\text{ПЕРЕМ}} \approx 10^{-3}$ м, $x_{\min} + \Delta_{\text{ВИБ}} \approx 10^{-4}$ м, так что мощность вибрационного генератора больше приблизительно в 100 раз.

2. При $\frac{x_{\min} + \Delta_{\text{ВИБ}}}{2s\mu_0 f} R_H \rightarrow 0$

$$\frac{P_{\text{ВИБ}}}{P_{\text{ПЕРЕМ}}} \approx \left(\frac{\Delta_{\text{ПЕРЕМ}} \mu_0}{2s f (x_{\min} B_{\max})^2} P \right)^2. \quad (13)$$

где P – генерируемая мощность, ВА.

После подстановки значений $\Delta_{\text{ПЕРЕМ}} = 10^{-3}$, $x_{\min} = 10^{-4}$ м, $\mu_0 = 10^{-6}$ Гн/м, $s = 1$ м², $f = 50$ Гц, $B = 1$ Тл

$$\frac{P_{\text{ВИБ}}}{P_{\text{ПЕРЕМ}}} \approx (10^{-3} P)^2. \quad (14)$$

Это выражение позволяет сделать ориентировочный вывод об области применения вибрационного генерирования электроэнергии: оно целесообразно, когда генерируемая мощность больше 1 кВт (при $P = 10^3$ Вт $P_{\text{ВИБ}}/P_{\text{ПЕРЕМ}} = 1$).

Выводы. Возможна генерация электроэнергии вибрацией, в результате которой периодически изменяется воздушный зазор в магнитопроводе с обмотками. Способ обеспечивает большую мощность в единице объема генератора при мощностях более 1 кВт.

Особенностью способа генерации является существенное снижение напряжения при увеличении тока нагрузки. Оно обусловлено тем, что ток нагрузки препятствует изменению магнитного потока, индуцирующему напряжение.

Потенциально генератор, реализующий описанный способ, является надежной машиной благодаря отсутствию подвижных контактов, в отличие от коллектора машины постоянного тока или синхронного генератора.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫ

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. – М.: «Высшая школа», - 1996, - 638 с.
2. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике.- М.: ГИФМЛ, - 1962,- 608 с.

М. В. Чашко (канд. техн. наук, доц.)

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ГЕНЕРАЦІЯ ЕЛЕКТРИКИ ВІБРАЦІЄЮ

Анотація: Доведені енергетичні параметри перетворення механічної енергії в електричну вібрацією.

Ключові слова: *вібраційний генератор, електромеханічне перетворення енергії.*

M. Casco (Ph.D, Associate Professor)

Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»

THE GENERATION OF ELECTRICITY BY VIBRATION

Annotation: *Proven energy parameters of converting mechanical energy into electrical vibration.*

Key words: *vibration generator, electro-mechanical energy conversion.*

УДК 621.3

М. В. Чашко (канд. техн. наук, доц.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Є. В. Близнюк

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ВИБІР АЛЬТЕРНАТИВНОГО ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДПРЕМСТВА

Анотація: В роботі запропонований метод визначення найвигіднішого альтернативного джерела енергії.

Ключові слова: *електроенергія, альтернативна енергетика, сонячні батареї, приливні електростанції, вітряні електростанції.*

Постановка проблеми. З кожним роком використання альтернативних джерел енергії стає все актуальнішим і актуальнішим. Я вирішила не відставати від провідних країн світу і впровадити альтернативну електроенергетику, а саме вітряні електростанції на підприємстві в Україні. В даній статті я розповім чому я обрала саме вітряки.

Аналіз попередніх досліджень. До альтернативних джерел енергії належать відновлювальні - вітер, сонячне випромінювання, енергія морів і океанів тощо (рис.1). Їх перевагою є те, що всі вони екологічно чисті.

Мета даної роботи. Обрати альтернативне джерело енергії для забезпечення підприємства на конкретній території.

Виклад основного матеріалу. Енергія вітру. За підрахунками вчених, загальний вітроенергетичний потенціал Землі в 30 разів перевищує річне споживання електроенергії в усьому світі. Однак, використовується лише мізерна частка цієї енергії. Але так було не завжди. За даними статистики, в дореволюційній Росії налічувалось близько 30 тис. вітряків.

Ця нехитра установка була також атрибутом майже кожного другого села в Україні. Проте парова машина, а потім двигун внутрішнього згоряння витіснили цих скромних трудівників.



Рисунок 1 - Альтернативні джерела енергії

Можливості використання цього виду енергії в різних місцях Землі неоднакові. Для нормальної роботи вітрових двигунів швидкість вітру не повинна в середньому за рік падати нижче 4-5 м/с, а краще, коли вона становить 6-8 м/с. Для цих установок шкідливі і надто великі швидкості вітру (урагани), які можуть їх полатати. Найбільш сприятливі зони для використання вітрової енергії - узбережжя морів і океанів, степи, тундра, гори. В межах України такими ділянками є узбережжя Чорного моря, особливо Крим, а також Карпати, південні степові райони.

Піонером будівництва вітрових електростанцій (ВЕС) у нашій країні до війни був видатний український вчений та інженер, один з основоположників космонавтики Ю.Кондратюк. Побудована ним у 1931 р. поблизу Севастополя ВЕС потужністю 100 кВт, забезпечувала струмом міську мережу понад десять років. Ю.Кондратюк проектував більш потужні ВЕС на 5 і 10 тис. кВт, та розпочалась війна, Кондратюк пішов добровольцем на фронт і загинув у 1941 р., а проекти його ВЕС було покладено "під сукно".

Нині на Заході, особливо в Данії та США, серійно випускаються невеликі ВЕС потужністю від 1,5 до 100 кВт. Побудовано кілька експериментальних ВЕС потужністю до 30 тис. кВт. Втілюється інша технічна ідея Ю.Кондратюка, який запропонував свого часу будувати ВЕС разом з установками по виробництву водню шляхом електролізу води. Тоді, коли потреба в електроенергії нижча, "зайва" потужність ВЕС спрямовується на виробництво надзвичайно цінного енергетичного продукту - водню. Водень може використовуватися як паливе для автомобілів, а також замість природного газу у багатьох інших установках, причому внаслідок його згоряння не утворюються шкідливі речовини, а лише водяна пара.

Особливо актуальним використання енергії є для Криму. Нині за даними Крименерго, півострів споживає 1 млн. 340 тис. кВт, причому майже вся ця енергія надходить із-за меж Криму. Деяку частину її дають дизельні станції, що забруднюють повітря курортної зони. А тим часом на одній Арабатській стрілці, що на Сиваші, можна встановити 30 тис. ВЕС і одержати 3 млн. кВт екологічно чистої електроенергії. А якщо побудувати ВЕС на кримських яйлах від Керчі до Севастополя, то Крим може стати навіть експортером електроенергії.

Під час роботи ВЕС навколишнє середовище не зазнає жодних забруднень. Єдині негативні впливи - це низькочастотний шум (гудіння) працюючих вітряків та ще гибель птахів, що потрапляють у лопасті двигунів.

Енергія морів і океанів. Світовий океан містить велетенський енергетичний потенціал. Це, по-перше, енергія Сонця, поглинута океанською водою, що виявляється в енергії морських течій, хвиль, прибою, різниці температур різних шарів морської води і, по-

друге, енергія тяжіння Місяця й Сонця, яка спричиняє морські припливи й відпливи. Використовується цей великий і екологічно чистий потенціал ще вкрай мало.

Одну з перших електростанцій, що використовує енергію морських хвиль, було побудовано ще в 1970 р. поблизу норвезького міста Бергена. Вона має потужність 350 кВт і забезпечує енергією селище з 100 будинків. Можливості створення більш потужних хвильових станцій досліджуються вченими Великобританії, США та Японії. А румунські вчені провели вдалі досліди з установками для перетворення енергії морських хвиль на електроенергію на Чорному морі, яке поблизу узбережжя Румунії нічим не відрізняється (з енергетичної точки зору) від того, що омиває береги України.

Усі типи морських хвильових електростанцій, що будуються і діють сьогодні, побудовані за єдиним принципом: у спеціальному буї-поплавку під дією хвилі коливається рівень води. Це призводить до стискання в ньому повітря, яке рухає турбіну. В експериментальних електростанціях навіть невеликі хвилі висотою 35 см примушують турбіну розвивати швидкість понад 2 тис. обертів за хвилину. Метрової висоти хвиля забезпечує від 25 до 30 кВт енергії, а в деяких частинах Світового океану, наприклад, у Тихому океані, можна одержати до 90 кВт.

Іншим різновидом морських електростанцій є установки, що перетворюють енергію морського прибою. Крім згаданого поплавкового принципу, такі станції використовують також принцип накачки сильним прибоєм морської води в резервуар, розташований вище рівня моря. Звідти вода спускається вниз, крутячи турбіни енергоустановок.

У океані подекуди досить близько розташовані шари води з різною температурою. Найбільш значною (до 22С) різниця температури є в тропічній зоні світового океану. На цьому явищі базується принцип одержання електроенергії. В спеціальний теплообмінник закачується насосами холодна глибинна вода і нагріта Сонцем поверхнева. Робочий агент (фреон), яку домашньому холодильнику, почергово випаровується та переходить у рідкий стан у різних частинах теплообмінника. Пара фреону рухає турбіну генератора. Нині така установка потужністю 100 кВт працює на тихоокеанському острові Науру, забезпечуючи енергопотреби населення цього острова.

Нарешті, розроблені і вже діють електростанції, що використовують енергію морських припливів. Вигідними вони є в таких ділянках узбережжя Світового океану, де припливи бувають найвищими. До таких ділянок належать канадська затока Франції (висота припливу становить 17м), протока Ла-Манш (15м), Пенжинська затока Охотського моря (13м) тощо. На узбережжі Чорного моря висота припливу дуже незначна. Нині споруджено і працює кілька припливних станцій: у гирлі р. Рані на узбережжі Ла-Маншу (Франція) потужністю 240 тис. кВт і Кислогубська в Кольській затоці (Росія) потужністю 400 кВт.

Широке впровадження морських електростанцій різних типів стримується відносно високою їх вартістю. Проте, вчені дійшли висновку, що їх енергетичний баланс (співвідношення одержаної та затраченої енергії) може бути більш високим, ніж деяких АЕС і ТЕС, що працюють на вугіллі та нафті. Розрахунки й проекти інженерів свідчать, що в найближчому майбутньому можливе спорудження великих електростанцій такого типу. Привертають увагу проекти електростанцій, розташованих на плавучих установках вдалині від берега. В деяких проектах пропонується одержувати енергію на таких станціях комплексним способом (наприклад, за рахунок хвиль, різниці температур, а також вітру та Сонця). Ця енергія може використовуватися для виробництва водню або передаватися на берег по підводному кабелю.

Робота згаданих електростанцій не спричиняє забруднення навколишнього середовища, зокрема й теплового, бо вони лише перетворюють акумульовану в хвилях, припливах тощо енергію Сонця й Місяця на інші види енергії, зокрема електричну.

Енергія сонця. Сонце – це найпотужніше джерело енергії для нашої планети. Без сонячного тепла і світла будь-яке життя на Землі було б неможливе. Всі наші повсякденні справи включають використання енергії. Вона необхідна для пересування транспорту і приготування їжі, для роботи і відпочинку, для обігріву і охолодження приміщень. І навіть для того, щоб провести один вигляд енергії, доводиться витратити інший.

Енергія Сонця може використовуватися для безлічі завдань. Одна з них – це перетворення сонячної енергії в електричну, в так звану сонячну електрику. Переваги використання сонячної енергії є такими, що далеко йдуть. Хоча сонячна енергія є порівняно новим джерелом енергії, він легко може стати найважливішим джерелом енергії в майбутньому. Це відбувається тому, що з багатьох переваг використання сонячної енергії:

- сонячна енергія, є поновлюваним ресурсом. Це означає, що ми не в страху виснаження її запасів. Хоча вона може зникнути за хмарами на мить, і недоступна в нічний час, але як правило потім повертається в повній силі.

- сонячна енергія не забруднює довкілля. На відміну від нафти, використання сонячної енергії не виділяє яких-небудь парникових газів, а також при виробленні її немає шкоди екології шляхом розливу або днопоглиблювальних робіт. Це, мабуть, одній з основних переваг використання сонячної енергії.

- електрика і тепло від Сонця є абсолютно безкоштовними. Після того, як сонячні батареї або сонячні теплові колектори встановлюються, немає електричних витрат, необхідних для їх живлення.

- Сонячні батареї вимагають дуже малого обслуговування, в значній мірі тому немає рухомих частин, які мають бути збережені.

- Сонячні батареї можуть експлуатуватися все життя.

- Вживання сонячної енергії неймовірно різностороннє. Починаючи від простих калькуляторів і продовжуючи автомобілями, водонагрівачами, фонтанами, будівлями, а також електростанціями і супутниками.

- У віддалених районах, сонячна енергія може бути реалістичнішим варіантом енергії, ніж прокладення великих кількостей електричних дротів для підключення до енергомережі.

В цілому, складається враження, що сонячна енергія є просто гармонійнішим енергетичним ресурсом. Для здобуття інших джерел енергії, є необхідність видобутку викопних видів палива, тваринних джерел, або рослинного походження джерела. Тим часом, сонячне світло постійно падає на землю і у величезних об'ємах, незалежно від того, використовується він як енергетичний ресурс, чи ні. Людство не витрачає часу і зусиль для видобутку сонячного ресурсу, таким чином, економлячи засоби і довкілля.

І що найцікавіше, то лише завдяки тому, що у нас є Сонце ми і маємо практично всі джерела енергії. Виключенням можна назвати енергію приливів і відливів, за яку відповідальний Місяць, і радіоактивні елементи, які використовуються на атомних станціях. Енергія вітру повністю залежить від Сонця і різниці температур ним же і створюваною. Енергія вугілля, нафти і природного газу також у владі хімічних процесів, які відбуваються в надрах Землі під дією сонячних променів. Все б добре, але є «маленька» проблемка. Людство з такою швидкістю витрачає викопні джерела енергії, що відновлюватися вони ніяк не встигають. Саме час задуматися про заміну «викопній енергії».

Поряд з перевагами використання сонячної енергії, варто відзначити недоліки. До них відносяться сонячне світло не доступний ресурс в деяких регіонах планети. Крім того, сонячні батареї все ще не дешеві. Звичайно, технічний процес здобуття сонячної енергії буде вдосконалюватися, і вона продовжуватиме здешевлюватися, тоді як витрати на інші види енергії збільшаться.

Для того щоб забезпечити енергією будівлі поверхні ШУ «Покровське» я обираю вітрові електростанції. Гідроелектростанції не підходять адже поруч не знаходиться ні море, ні річка, ні будь яка інша водойма.

Можливе використання сонячної енергії, але проаналізувавши погодні умови місце знаходження підприємства за 2016 рік я зробила висновок що сонячних днів було приблизно 151 з 366, а це приблизно 41,3%.

А вітер на околицьких територіях майже не вщухає, тим паче що терикон який знаходиться поруч з підприємством і територія самої шахти утворюють повітряний потік, де сила вітру і його швидкість дуже сприятливі для встановлення в цьому місці вітряків.

Донецька область географічно розташувалася на Донецькому кряжі і знаходиться на височині, тому вітер тут сильніший, ніж на інших територіях України. ШУ «Покровське» розташувалася 48 ° 16'55 "пн.ш.; 37 ° 10'33 "сх.д.; 199 м. над рівнем моря, і знаходиться за

населеними пунктами, що на руку для вітрової енергетики: вільні території для розташування вітряків недосяжність шуму до житлових будинків.

Швидкість вітру на даній території сягає від 3,5 до 5 м/с, що є сприятливою умовою для вітрової енергетики.

Висновки. Вітер є найсприятливішим джерелом енергії для даного місцезнаходження підприємства. Всі природні і погодні показники сприяють використанню саме вітряних електростанцій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. [Електронний ресурс] http://pidruchniki.com/13820328/ekologiya/alternativni_dzherela_energiyi
2. [Електронний ресурс] <http://solar.pp.ua/sonyachna-energiya-nashe-majbutnye.html>
3. [Електронний ресурс] <https://www.gismeteo.ru/diary/13314/2016/1/>

М. В. Чашко (канд. техн. наук, доц.),

Індустріальний інститут ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Е. В. Близнюк

Індустріальний інститут ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ВЫБОР АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация: В работе предложен метод определения наиболее выгодного альтернативного источника энергии.

Ключевые слова: электроэнергия, альтернативная энергетика, солнечные батареи, приливные электростанции, ветряные электростанции.

M. Casco (Ph.D, Associate Professor),

Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»

E. Bliznuk

Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»

ALTERNATIVE ENERGY CHOICE FOR ENTERPRISE

Annotation: The paper presents a method for determining the most advantageous alternative energy sources.

Key words: electricity, alternative energy, solar, tidal power, wind power.

УДК 622.235.525.2

М. В. Чашко (канд. техн. наук, доц.),

Індустріальний інститут ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

А. Н. Евдокимов

Індустріальний інститут ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

РАЗРУШЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ РАЗРЯДОМ

Аннотация: Представлена энергетика разрушения материала электрическим разрядом.

Ключевые слова: энергия разрушения, электрический разряд, ударная деформация.

Введение. Процессы разрушения неэлектрических материалов имеют место при добыче и обработке полезных ископаемых. Применяемые в настоящее время технологии разрушения состоят в том, что электрическая энергия преобразуется в механическую энергию исполнительного органа электрической машины и уже исполнительный орган (резец, ударник, еще что-то) воздействует на разрушаемый объект. Электрическая машина является материало- и энергоемким звеном, поэтому создание технологии непосредственного преобразования электрической энергии в энергию разрушения представляется актуальной.

Существует еще один аспект разрушения, который может быть реализован непосредственным электрическим воздействием на разрушаемый материал: сопротивление разрушению на растяжение существенно меньше, чем на сжатие. Но для создания в материале растяжения импульс воздействия должен быть достаточно коротким, это достижимо при электрическом воздействии.

Анализ предыдущих исследований. Представляется, что начало электрическим технологиям разрушения было положено работами Л.А.Юткина [1]. Впоследствии эти технологии были применены при бурении, диспергировании и других видах дезинтеграции твердых веществ, им посвящено большое количество научных работ, в частности [2].

Разрушение материала электровзрывом (рис. 1) состоит в том, что при приложении к материалу достаточно высокого напряжения в нем происходит электрический пробой, возникает шнур плазмы – ионизированного состояния вещества. Плазма оказывает давление на окружающий материал и, если это давление больше предела прочности, происходит разрушение в виде трещин, откола и т.п.

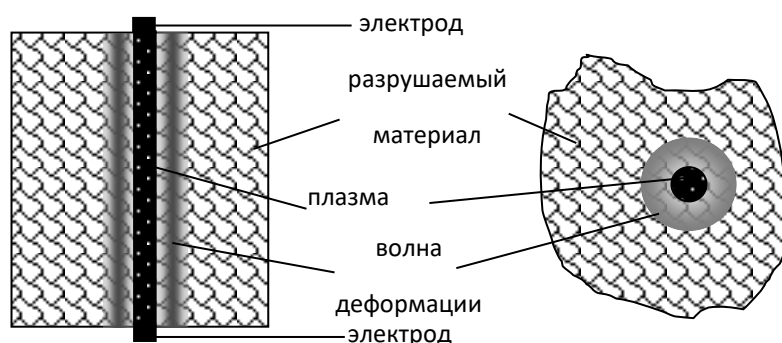


Рисунок 1 – Принцип электрического разрушения

В известных работах рассматривается воздействие электровзрыва типа с ж а т и е разрушаемого материала. Если организовать взрыв таким образом, чтобы материал разрушался р а с т я ж е н и е м , то снизятся энергозатраты на разрушение, так как сопротивление хрупких материалов растяжению на порядок меньше, чем на сжатие.

Цель работы – определить параметры электрического разряда, необходимые для разрушения твердого диэлектрического материала.

Материал и результаты исследования. Разрушаемый материал рассматривается как состоящий из фрагментов (частиц, кластеров, доменов), упруго связанных между собой. При кратковременном воздействии силы создается волна механического напряжения: материал упруго сжимается (частицы сближаются), затем растягивается (частицы расходятся). Разрушающее напряжение на растяжение у твердого материала меньше, чем на сжатие, это обстоятельство можно использовать для снижения энергозатрат на разрушение.

Исследование построено таким образом: выполнен анализ механического колебания, из которого определены необходимая для разрушения энергия и длительность ее приложения, затем определены энергия электрического разряда и параметры накопителя электрической энергии.

Э н е р г и я д е ф о р м а ц и и

$$W_D = \sigma_D \times S, \quad (1)$$

где W_d – энергия деформации, Дж; σ_d – давление на стенки канала плазмы, Па; S – площадь поверхности канала плазмы, m^2 ; x – деформация, отклонение фрагмента разрушаемого материала под действием давления, м.

Для определения деформации принята модель разрушаемого объекта, представленная на рис. 2.

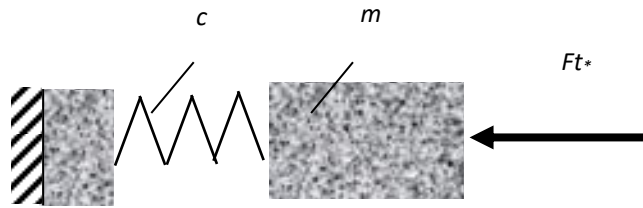


Рисунок 2 – Модель разрушаемого тела.

Тут обозначено c – упругость, m – масса фрагмента разрушаемого материала, $F = \sigma_d S$ – сила, t^* – длительность приложения силы.

Под действием силы фрагмент совершит колебательное движение: сначала произойдет деформация сжатия, затем растяжения. Движение фрагмента описывается уравнением [3, с. 113], наибольшее отклонение

$$x_{\max} = \frac{2\sigma_d S}{c} \sin \pi \frac{t^*}{T}, \quad (2)$$

где c – упругость разрушаемого материала, Н/м; t^* – длительность приложения силы, с. $T = \sqrt{m/c}$ – период колебаний фрагмента, с; m – масса колеблющегося фрагмента, г.

Выражение для периода колебаний через массу, геометрические размеры фрагмента, плотность материала и модуль Юнга:

$$T = \sqrt{\Delta^2 \rho / E}. \quad (3)$$

где Δ – длина колеблющегося фрагмента в радиальном направлении, м; ρ – плотность разрушаемого материала, $г/м^3$; E – модуль упругости Юнга, Н/м².

Из (1) и (2) следует, что наибольшее отклонение, соответственно, наибольшая энергия деформации при том же давлении имеют место, если длительность действия давления равна половине периода собственных колебаний фрагмента, $t^* = T/2$. При этом условии

$$W_p = \frac{2\sigma_p^2 S \Delta}{E} \quad \text{или} \quad W_p = \frac{2\sigma_p^2}{E} V_p, \quad (4)$$

где W_p – энергия разрушения, Дж; σ_p – разрушающее давление растяжения, Па; $V_p = S \Delta$ – объем разрушенного материала, м³.

Длительность подвода этой энергии, обеспечивающая разрушение именно растяжением,

$$t_* = 0,5 \Delta \sqrt{\rho / E}. \quad (5)$$

Энергию разрушения обеспечивает плазма – ионизированное (разделенное на ионы) состояние вещества, которое образуется в результате электрического разряда.

$$W_{пл} = \frac{V_{пл} w_{пл}}{\gamma - 1} \frac{t_*}{t_H}. \quad (6)$$

Здесь обозначено $W_{пл}$ – энергия плазмы, эВ; $V_{пл}$ – объем плазменного канала, м³; $w_{пл}$ – энергия, необходимая для ионизации единицы объема материала, эВ/м³ (например, для SiO₂

$w_{III} = 2,8 \cdot 10^{23} \text{ эВ/м}^3$); γ – коэффициент адиабаты, для материалов типа гранит, базальт и т.п. $\gamma = 1,1 - 1,2$; t_H – длительность процесса ионизации, с, $t_H = 10^{-8}$ с.

Выразив объем плазменного канала через его радиус и длину, объем разрушенного материала через площадь поверхности разрушения и длину колеблющегося фрагмента, а длительность импульса разрушения приняв $t^* = T/2$, можно связать энергию плазмы с объемом разрушенного материала:

$$W_{III} = \frac{V_{Pr}}{4} \frac{w_{III}}{(\gamma - 1)t_H} \sqrt{\frac{p}{E}}, \quad (7)$$

где r – радиус канала плазмы, м.

Энергия электровзрыва, как правило, получается от конденсатора, заряженного до необходимого напряжения, который для взрыва подключается к электродам. Энергия конденсатора

$$W_K = \frac{CU^2}{2}, \quad (8)$$

где C – емкость, Ф; U – напряжение, В.

Целесообразно организовать разряд так, чтобы взрыв происходил в течение первого полупериода колебаний, когда амплитуда разрядного тока максимальна. Длительность разряда должна не превышать половины периода колебаний фрагмента разрушаемого материала, в соответствии с выражением (5). Тогда емкость конденсатора должна быть

$$C = \frac{\Delta^2 p}{LE}, \quad (9)$$

где L – индуктивность цепи разряда – самого конденсатора и соединительных проводов, Гн.

Необходимое напряжение заряда конденсатора определится приравниванием энергий плазмы (7) и конденсатора (8):

$$U = \sqrt{\frac{2W_{III}}{C}}. \quad (10)$$

Выводы. 1. Согласованием длительности электрического разряда со структурой и упругими свойствами разрушаемого материала можно существенно снизить энергию, необходимую для разрушения – за счет разрушения разрывом, а не давлением.

2. Устройство электровзрыва должно обеспечить минимально возможный радиус плазменного шнура, так как с увеличением радиуса объем плазмы и, соответственно, энергии, необходимой для ионизации, растет быстрее, чем объем разрушенного материала.

3. Энергоемкость разрушения, может быть снижена разрядом в среде с меньшей энергией ионизации, например, в воде, или взрывом проводника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Л.: Машиностроение, 1986. – 253 с.
2. Ризун А. Р., Голень Ю. В., Денисюк Т. Д., Поздеев В. А. Разработка и внедрение технологического процесса электроразрядного разрушения донных грунтов. Наука та інновації. 2007. Т.3. С. 50 – 54.
3. Пановко Я.Г. Введение в теорию механических колебаний. <http://lib.prometeu.org/?id=15377>.

М. В. Чашко (канд. техн. наук, доц.),
Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
О. М. Євдокимов
Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ЕЛЕКТРИЧНИМ РОЗРЯДОМ

Анотація: Енергетика представлена руйнуванням матеріалу електричним розрядом.

Ключові слова: енергія руйнування, електричний розряд, ударна деформація.

M. Casco (Ph.D, Associate Professor),
Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»
O. Evdokimov
Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»

DESTRUCTION OF MATERIALS BY ELECTRIC DISCHARGE

Annotation: Presented energy the destruction of a material by electric discharge.

Key words: energy of destruction, electrical discharge, impact deformation.

УДК 658.26.664

Чашко М. В. (канд. техн. наук, доц.),
Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Сергієнко Л. Г. (канд. пед. наук, доц.),
Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Алтухова Т.В. (асистент),
Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Кудлатий Є. В.
Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УМОВАХ ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

Анотація: стаття знайомить з дослідженням в області енергозбереження, розглядаються напрямки реалізації енергозбереження, тенденції розвитку і підхід до енергозбереження в електроприводі; зниження енергоємності виробництва за рахунок модернізації процесу; утилізація вторинних енергоресурсів з відходів, наведені приклади у таблицях та малюнках.

Ключові слова: економія електроенергії, класифікація енергії, ефективність спалювання вугілля.

Актуальність теми. Комплексне вирішення проблеми енергозбереження – один із пріоритетних напрямків державної політики України і один з найбільш вірогідних шляхів успішного подолання енергетичної кризи. Вирішення цієї проблеми дозволить нашій державі різко зменшити залежність її економіки від імпорту енергоресурсів, суттєво обмежити вплив техногенних факторів на навколишнє середовище. Тому необхідна розробка комплексного підходу до цієї теми на базі енергетичного аналізу енергозберігаючих технологій.

Предметом дослідження є вивчення проблем розвитку енергозбереження вугільної промисловості України, причин їх виникнення та перспективних напрямків їх вирішення.

Метою статті є вивчення актуальності питання енергозбереження засобами промислового електропривода, розгляд напрямків реалізації енергозбереження вугільних підприємств.

Викладення основного матеріалу дослідження. Енергія – фундаментальна основа еволюції нашої цивілізації, іХХІ століття ставить перед світовою енергетикою серйозні завдання щодо забезпечення сталого розвитку людства. Всі країни - країни-виробники та країни-споживачі, бідні і багаті - цікавить одне найважливіше питання: надійне забезпечення глобальної економіки; енергоресурсами, необхідними для сталого економічного зростання, за цінами, що відображає основні економічні принципи, і з мінімальною шкодою для навколишнього середовища. Однак більшість країн світу не має достатніх власних енергоресурсів і змушені витрачати значну і все зростаючу частину свого бюджету на їх покупку і транспортування. З іншого боку, зростання добробуту населення, до чого, власне, прагне уряд будь-якої цивілізованої країни, неминуче веде до зростання дешевого споживання електроенергії і моторного палива. Це протиріччя здатне усунути лише державна політика енергозбереження.

Енергозбереження та енергоефективність набувають все більш важливе значення для будь-якої країни, оскільки вони є одними з найважливіших елементів енергетичної політики; також, для країн, що не мають достатніх власних енергоресурсів - вони є ще й частиною державної безпеки. Енергозбереження - потужний фактор економічного розвитку, тому що завжди швидше, дешевше і екологічніше здійснити заходи щодо економії енергії, ніж збільшити її виробництво (наприклад, побудувати нову ГЕС або АЕС). Крім того, енергозбереження є вагомим фактором поліпшення стану навколишнього природного середовища та гальмування глобального потепління (так звана «декарбонізація економіки») - зменшення спалювання природних енергоносіїв призведе до зниження забруднення атмосфери токсичними і парниковими газами, припинення отруєння річок і морів, а також до зменшення складування небезпечних відходів.

Розуміння важливості енергозбереження прийшло до вчених не сьогодні і навіть не вчора. Видатний російський фізик Н. А. Умов ще в 1912 р. писав: «У 1910 р. з добутих в світі 1250 млн. тон вугілля 50% пішло на виробництво сили (мається на увазі пара та електрика - М.К.), 30% - на опалення, близько 20% - на металургію і ін. промисловість, 3% - на виробництво світла. При цьому, при виробництві сили зайві витрати склали 600 млн. тон вугілля, в опаленні - 150 млн. тон, при освітленні - 25 млн. тон. Всього надмірно витрачено 1000 млн. (Один мільярд) тон вугілля, тобто близько 80% від усього видобутого вугілля. Звідси випливає особлива важливість і нагальна необхідність підняття ККД теплових машин».

Існують різні типи класифікації енергії (див. табл. 1). Так, енергію поділяють на первинну (вугілля, нафта, газ, уран-238, а також альтернативні енергоносії) і перетворену (вироблену з первинної) - тепло, пар, електричну, механічну - в двигунах - і ін.). Самі ж первинні енергоносії діляться на вичерпні (тобто копалини - вугілля, нафта, газ, уран-238) і невичерпні - сонце, вітер, геотермальні води (теплота земної кори), потоки річок, океанські приливи і ін.). Крім того, існує поняття «вторинна енергія» (або «вторинні енергоресурси»), тобто енергія, що підлягає утилізації - це залишкове (низько потенційне) тепло технологічної води або пари, різні органічні відходи, придатні для спалювання, так звані «Попутні» гази - шахтний метан, біогаз полігонів ТПВ, факели нафтопромислів та ін.

Вельми дорогий проект «Чисте вугілля» зараз реалізується в США. Під нього виділено \$ 2,4 млрд., З них \$ 1,5 млрд. Виділено на проекти з уловлювання та утилізації парникового вуглекислого газу, а близько \$ 800 млн. піде на розробку технологій «чистого спалювання» вугілля, тобто з мінімальними викидами токсичних газів. Для останньої мети будуть випробувані технології добавки водню в полум'я. Велике дослідження показало, що воднева добавка до викопного палива (до будь-якого палива, що використовується для індустриальних котлів - природний газ, мазут і навіть вугілля) значно покращує процес паливного спалювання і суттєво зменшує викиди токсичних газів до атмосфери. Тобто швидкість і повнота згоряння ростуть, а концентраційні межі горіння палива істотно розширюються, коли співвідношення водень-вуглець (H / C) у викопному паливі стає більш

ніж 1,5. Відповідно до теорії Хіншельвуда-Семенова (за що вони отримали Нобелівську премію в 1956 р), атомарний водень [H] є найактивнішим центром ланцюгових реакцій горіння (наприклад, швидкість поширення [H] в полум'я в чотири рази вище, ніж швидкість поширення для атомів кисню [O], і енергія активації для таких реакцій за участю [H] в кілька сотень і навіть тисяч разів менше.

Таблиця 1 – Види первинної і перетвореної енергії

	Види первинної енергії	Відповідні їм види перетвореної енергії
1	Вугілля	Електроенергія, пара, кокс
2	Нафта	Бензин, керосин, дизельне паливо, мазут
3	Природний газ	Електроенергія, тепло
4	Уран-238, торій	Електроенергія, тепло
5	Реки, моря, океани	Електроенергія
6	Солнце, ветер	Електроенергія

Відомо, що подібні технології використовуються при газифікації вугілля методом Фішера-Тропша. Є хороші перспективи використання подібної технології, щоб збільшити ефективність спалювання будь-якого викопного палива в нині експлуатованих промислових котлах і печах. З цією метою необхідно використовувати невелику частину електроенергії, виробленої електростанцією, для отримання водню електролізом води, і цей водень вбрикувати в область згорання вугілля в котлі (див. рис. 1). Що стосується викидів парникового газу CO₂, то проект передбачає «декарбонізаційну» схему роботи. Для цього попередньо очищений від пилу і стислий вуглекислий газ буде надходити в біореактор, де спеціально генно модифіковані бактерії (типу *Ralstonia eutropha*) будуть перетворювати його в вуглеводневе паливо по реакції $[nCO_2 + nH_2O = C_nH_{2n} + (3/2)nO_2]$

Вчені Каліфорнійського університету (CalTech) скористалися тим, що ця бактерія вміє використовувати молекули мурашиної кислоти в якості джерела водню. *Ralstonia eutropha* поглинає молекули кислоти, розщеплює її на молекулу водню і вуглекислого газу і використовує H₂ як «паливо», а CO₂ - як «будматеріал» клітини. При цьому мурашину кислоту досить легко отримати, якщо одночасно пропускати через воду вуглекислий газ і електричний струм.

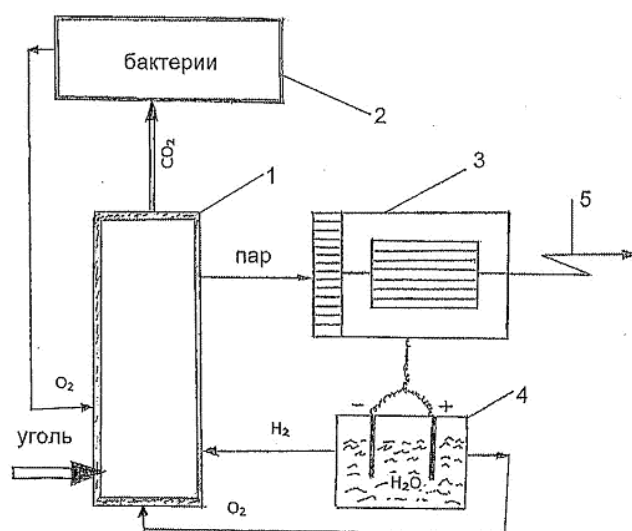


Рисунок 1 – Схема проекту «Чисте вугілля»

1 – котел теплової електростанції ; біореактор для утилізації CO₂ (біохімічний синтез палива за реакцією $[nCO_2 + nH_2O = C_nH_{2n} + (3/2)nO_2]$); 3 – генератор електроенергії (парова

турбіна з ротором електродвигуна на одній осі); 4 – електролізер (на це витрачається 3% від виробленої електроенергії); 5 - електроенергія в мережу.

У багатьох вугільних пластах шахт України, Росії та й решти світу міститься значна кількість метану, який виходить з них в атмосферу - так, в Україні всього його йде «в небо» до 2 млрд. куб. м в рік і лише 15-20% цього обсягу уловлюється системами дегазації шахт.

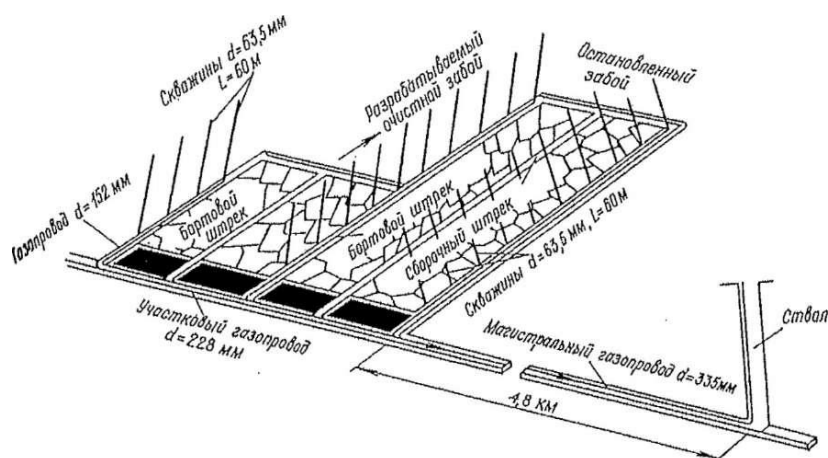


Рисунок 2 – Схема дегазації вугільного пласта

Цей метан можна відкачувати з пласта і потім утилізувати. За оцінками фахівців, запаси метану у вугільних пластах і породах України складають до 10 г/м³. Сумарні видобувні запаси метану оцінюються на рівні 1-2 трильйонів куб. м. Схема дегазації пласта показана на рис. 2. Після виходу з пласта метан проходить такий технологічний ланцюжок: бетонна труба – засувка – вакуум-насос з гідрозатвором - газовий котел (або компресор для заправки балонів). Важливо підкреслити, що дегазія вугільних пластів різко знижує ймовірність вибухів метану в шахтах, які часто призводять до трагічних наслідків.

В останні роки в СНД відродився інтерес до технології підземної газифікації вугілля. Одержуваний «синтез-газ» (або «генераторний газ») можна буде використовувати як для спалювання, так і для вироблення з нього бензину і дизельного палива. Передовими країнами в цій галузі є Китай і ПАР.

Підземна газифікація вугілля - процес перетворення вугілля в горючі гази за допомогою вільного або пов'язаного кисню безпосередньо в надрах землі (рис. 3). При цьому вугілля під землею перетворюється в горючий («генераторний») газ (по реакції: $C + O_2 = CO_2$; $CO_2 + C = 2CO$; $C + H_2O = CO + H_2$), що володіє достатньою калорійністю для енергетичного і технологічного використання. Склад генераторного газу залежить від виду газифікованого палива, роду окислювача і умов процесу. Залежно від складу дуття отримують такі генераторні гази: повітряний, пароповітряний, водяний, парокисневий. За складом вони представляють собою суміші оксидів вуглецю та водню з невеликими кількостями метану та інших вуглеводнів, а також азоту повітря і непрореагувавшего діоксиду вуглецю і парів води.

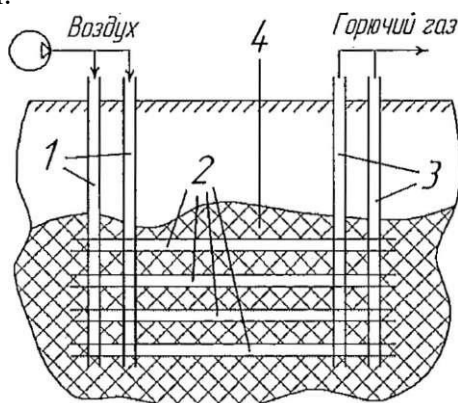


Рисунок 3 – Найпростіша схема підземної газифікації вугілля:

1 - бурові свердловини; 2 - реакційні канали; 3 - газоходи; 4 - масив вугілля.

Шлях реалізації енергозбереження полягає в економії електроенергії робочими установками і механізмами за рахунок підвищення ефективності виконання технологічного процесу.

Промислові підприємства вимагають підвищення ефективності роботи технологічних установок і механізмів, особливо вугільні шахти, які є великими споживачами електричної енергії зі складним електроенергетичним господарством. Встановлена потужність окремих електроприймачів шахт складає десятки тисяч кіловат при річному споживанні електроенергії в десятки і навіть сотні мільйонів кіловат — годин, одинична ж потужність окремих машин досягає кількох тисяч кіловат.

Сегментна структура електроспоживання шахти наведена на рис. 4.

На рис. 1.5 наведено:

- 1- видобувні роботи - 5,26%;
- 2- підготовчі — 1,29%;
- 3- підземний транспорт - 5,60%;
- 4- кондиціонування повітря — 10,88%;
- 5- водовідлив — 14,28%;
- 6- підйом — 13,32%;
- 7- вентиляція 17,13%;
- 8- технологічний комплекс поверхні - 3,75%;
- 9- вироблення стиснутого повітря — 2,46%;

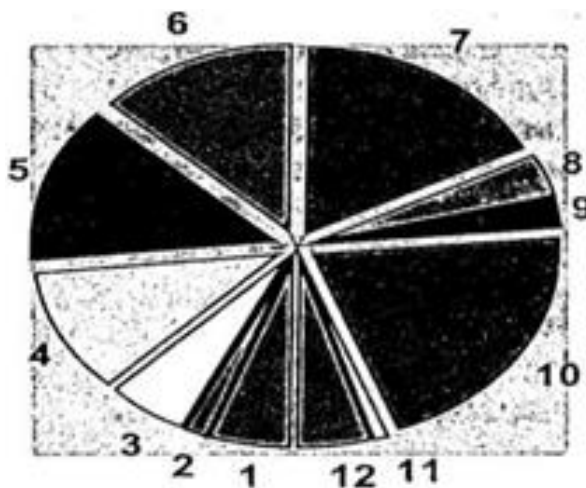


Рисунок 4 – Структура електроспоживання шахти

10- інші електроприймачі — 20,58%;

11- освітлення — 0,69%;

12- втрати електроенергії — 4,76%.

Економія електроенергії установками і механізмами за рахунок підвищення ефективності виконання технологічного процесу містить у собі такі основні заходи:

- Узгодження режимів роботи установки при зміні навантаження;
- підвищення ККД установки;
- регулювання продуктивності установки;
- виконання оптимальної циклограми й упорядкування графіка навантажень;
- забезпечення нормованого завантаження (для підйомних машин, конвеєрів тощо);
- контроль стану технологічної установки;
- застосування нових видів електропривода;
- організаційні заходи.

Ця структура залежить від багатьох факторів, основними з яких є глибина шахти, водонасиченість, продуктивність тощо (згідно ДСТУ 3224-95) «Методи визначення норм витрачання електроенергії гірничими підприємствами»).

Особливості видобутку вугілля вимагають збільшення електроспоживання окремих електроприймачів. Так для водонасичених шахт потрібна установка 10, а в деяких випадках і більшої кількості насосів. Для шахт крутого падіння потрібна розгалужена мережа стиснутого повітря з компресорним господарством у десятки тисяч кіловат. У глибоких шахтах потрібне збільшення потужності підйомної машини до 10 МВт. За таких умов економія електроенергії в окремих споживачах і шахти в цілому може мати значну величину, що в остаточному підсумку позначиться на зниженні собівартості видобутого вугілля.

Висновки. Енергозбереження як діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), спрямована на раціональне використання енергії і природних енергетичних ресурсів, - державна проблема, яка постала на порядок денний слідом за найважливішою політичною подією в житті України – здобуттям незалежності.

Входження у світову економіку неминуче припускає створення продукції, конкурентно спроможної на світових ринках (за якістю і вартістю). Але створена промислова база була орієнтована на низьку вартість енергетичної складової, котра дотувалася державою. Енергозатратні технології, значна частина застарілого, технічно зношеного устаткування призвели до критичних рівнів витратного й нераціонального використання паливно-енергетичних ресурсів, що викликало енергетичну кризу в нашій країні.

На даному етапі розвитку промисловості в Україні особливого значення набувають питання розробки та широкого впровадження методів і способів керування енергоефективністю (енергозбереження) засобами промислового електропривода, оскільки з однієї сторони гостро постала проблема економії енергії, а з іншого боку, - з'явилася реальна можливість її ефективного використання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Краснянский М. Е. Энергосбережение. Учебное пособие. Издание 2-е, исправленное и дополненное – Кондор – Издательство, 2016 – 176с.
2. Закладний О. М., Праховник А. В., Соловей О. І. Енергозбереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник. – К: Кондор, 2005. – 408с.
3. Ханик Я. М., Гнатишин Я. М. Енергозбереження. Ч.1. Термодинаміка. Навчальний посібник. Львів: Афіша, 2004 – 205с.

Чашко М. В. (канд. техн. наук, доц.),

Індустріальний інститут ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Сергиенко Л. Г. (канд. пед. наук, доц.),

Індустріальний інститут ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Алтухова Т.В. (асистент),

Індустріальний інститут ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Кудлатый Е. В.

Індустріальний інститут ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ВНЕДРЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УКРАИНЫ

Аннотация: статья знакомит с исследованиями в области энергосохранения, рассматриваются направления реализации энергосохранения, тенденции развития и комплексный подход к энергосохранению в электроприводе; снижение энергоемкости производства за счет модернизации процесса утилизации вторичных энергоресурсов из отходов, приведены примеры в таблицах и рисунках.

Ключевые слова: экономия электроэнергии, классификация энергии, эффективность сжигания угля.

M. Chasco,
Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»
L. Sergienko,
Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»
T. Altukhova,
Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»
E. Kudlatyi
Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»

THE INTRODUCTION OF ENERGY TECHNOLOGIES IN THE COAL INDUSTRY OF UKRAINE

Annotation: *This paper introduces the research in the field of energy efficiency, energy savings are considered areas of implementation, trends and approach to energy efficiency in electric drive; reducing energy intensity by upgrading process, waste energy recovery from waste are examples in tables and figures.*

Keywords: *energy savings, the classification of the energy efficiency of burning coal.*

УДК 621.8.03:622.012

М. В. Чашко (канд. техн. наук, доц.),
Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

В. А. Симивол
Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ВНЕДРЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ГОРНУЮ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Аннотация: *Данная статья посвящена вопросам экономии на горных предприятиях и других промышленности в целом. Выявлена и обоснована необходимость использования альтернативного источника энергии. Внедрение солнечной энергии в горные предприятия.*

Ключевые слова: *солнечная энергия, экономия, солнечные батареи, предприятия, горная промышленность, перспективы на будущее.*

Постановка проблемы. В мире всё меньше традиционных источников энергии. Запасы нефти, газа, угля истощаются, и всё идёт к тому, что рано или поздно они закончатся. Если к этому времени не найти альтернативных источников энергии, то человечество ждёт катастрофа. Поэтому во всех развитых странах ведутся исследования по открытию и разработке новых источников энергии. В первую очередь – это солнечная энергия [1].

Энергия солнца является одним из самых доступных возобновляемых источников на Земле. Использование солнечной энергии в народном хозяйстве положительно сказывается на состоянии окружающей среды, поскольку для её получения не требуется бурить скважины или разрабатывать шахты. К тому же, этот вид энергии свободный и не стоит ничего. Естественно, что требуются затраты на покупку и монтаж оборудования.

Проблема в том, что солнце – это прерывистый источник энергии. Так что требуется накопление энергии и использование её в связке с другими энергетическими источниками.

Основная проблема на сегодняшний день заключается в том, что современное оборудование имеет низкую эффективность преобразования энергии солнца в электрическую и тепловую.

Поэтому разработки направлены на то, чтобы увеличить КПД таких систем и снизить их стоимость.

Стоит сказать, что батареи на основе полупроводников достаточно долговечны и не требуют квалификации для ухода за ними. Поэтому их чаще всего используют в быту. Есть

также целые солнечные электростанции. Как правило, они создаются в странах с большим числом солнечных дней в году. Это Израиль, Саудовская Аравия, юг США, Индия, Испания

Анализ предыдущих исследований. Поскольку наука на сегодняшний день не имеет устройств, работающих на энергии солнца в чистом виде, её требуется преобразовать в другой тип. Для этого были созданы такие устройства, как солнечные батареи и коллектор. Батареи преобразуют солнечную энергию в электрическую. А коллектор вырабатывает тепловую энергию. Есть также модели, совмещающие эти два вида. Они называются гибридными.



Рисунок 1 – Устройства для солнечной энергии

Основные способы преобразования энергии солнца представлены ниже:

- фотоэлектрический;
- гелиотермальный;
- термовоздушный;
- солнечные аэростатные электростанции.

Преимущества и недостатки солнечной энергии.

Преимущества:

- Бесплатно. Одно из главных преимуществ энергии солнца – это отсутствие платы за неё. Солнечные панели делаются с использованием кремния, запасов которого достаточно много;

- Нет побочного действия. Процесс преобразования энергии происходит без шума, вредных выбросов и отходов, воздействия на окружающую среду.

- Безопасность и надёжность. Оборудование долговечное (служит до 30 лет). После 20–25 лет использования фотоэлементы выдают до 80 процентов от своего номинала;

- Рециркуляция. Солнечные панели полностью перерабатываются и могут быть снова использованы в производстве;

- Простота обслуживания. Оборудование довольно просто разворачивается и работает в автономном режиме;

- Хорошо адаптированы для использования в частных домах;

- Хорошо интегрируются в качестве вспомогательных систем энергоснабжения.

Недостатки:

- Эффективность зависит от времени суток и погоды. Нерентабельно использовать в высоких широтах;

- Требуется аккумулировать преобразованную энергию;

- Первоначальные вложения высокие. Особенно это ощутимо для обычных людей при покупке оборудования для частного дома;

- Периодически нужно делать очистку панелей от загрязнения;

- Для размещения требуется большая площадь;

Важным поворотным пунктом станет совершенствование технологии производства батарей с точки зрения их размеров, емкости и стоимости, которое приведет к тому, что возобновляемая энергия солнца и ветра сможет обеспечивать работу рудника в 24-часовом цикле. Настоящий эффект произведут технологические разработки, которые снизят

стоимость и повысят надежность альтернативной энергетики, и произойдут они, вполне вероятно, в ближайшие 2–3 года.

Ниже приведены примеры возобновляемых источников энергии на рудниках разных стран мира.

Чили. В этой стране бурно развивающаяся горная промышленность, которая требует значительного количества энергии. В качестве выхода из положения в Чили все чаще используют солнечную и ветровую энергию.

Бразилия. Горнодобывающая компания использует солнечную энергию «Vale».

Австралия. В компании «Galaxy Resources» на руднике по добыче лития «Mt Cattlin» (540 км от Перта) около 15 % энергообеспечения идет с солнечной электростанции.

Цель статьи. Статья направлена на предложении альтернативного источника энергии для горных предприятий нашей страны в целом.

Изложение основного материала исследования. В Украине есть свое золото и мы его называем «черным золотом» - то есть углем. Но добыча угля в Украине, да и в других странах – это задача довольно таки тяжелая и затратная.

Добыча угля включает себя экономические затраты и окупаемость за определенные сроки. Как и на любом предприятии руководство шахт хочет получить как можно больше выгоды из своего предприятия и поэтому старается экономить.

В частности экономия на горном предприятии проявляется в :

- оборудовании;
- зарплатах шахтеров;
- аовторном использовании материалов.
- транспортировке сырья и т.д

А что если сэкономить шахте на электричестве? Предлагается внедрить солнечные батареи на горных предприятиях для электроснабжения подземных выработок. Вопрос включает в себе много нюансов связанных с:

- затратами на установление солнечных батарей;
- условиями погоды;
- участков земли для установления солнечных батарей;
- обслуживание СБ и др.

Но если не учитывать эти нюансы – получается экономически выгодная картина для горных предприятий в целом .

Любая шахта в Украине платит за электричество как днем , так и ночью.

Идея состоит в том , что бы шахта снизила свои затраты на электроэнергию практически в половину (40 – 45%) , А именно употребляя не только электроэнергию , а и энергию солнца, которая является бесплатной.

Используя солнечные батареи на горных предприятиях в благоприятное для этого время суток, шахта смогла бы сэкономить тысячи кВт·ч электроэнергии, не принося вред окружающей среде .

СБ можно установить на полях , которые находятся возле территории шахт, но это нанесет ущерб пищевой промышленности , поэтому есть альтернативный вариант – установка СБ на крышах зданий горного предприятия, что вполне реально.

Так как КПД солнечных батарей невелик – то придётся установить большое количество СБ для нужд шахт, но в 2014 году испанские учёные разработали фотоэлектрический элемент из кремния, способный преобразовывать в электричество инфракрасное излучение Солнца. Перспективным направлением является создание фотоэлементов на основе нано антенн, работающих на непосредственном выпрямлении токов, наводимых в антенне малых размеров (порядка 200—300 нм) светом. Нано антенны не требуют дорогого сырья для производства и имеют потенциальный КПД до 85 %

Согласно исследованиям, структура потребления электроэнергии технологическими процессами и установками шахты приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Потребление электроэнергии технологическими процессами и установками шахты

Наименование технологического процесса	Доля потребления электроэнергии в общешахтном объеме, %
Очистные и подготовительные работы	8 – 14
Подземный конвейерный транспорт	10 – 15
Скиповой подъем	8 – 20
Компрессорные установки	3 – 6
Проветривание	15 – 35
Водоотлив	7 – 25
Технологические процессы на поверхности	3 – 8

Выводы. Таким образом:

1) Возможна экономия энергии и введение средств использования солнечной энергии в электроснабжение горных предприятий.

2) Возможна работа солнечных преобразователей энергии только совместно с аккумулятированием энергии.

3) Возможным объектом, для начала, применения солнечной энергии станут технологические процессы на поверхности.

Использование солнечной энергии возможно не только как преобразованной в электрическую, а еще как и в тепловую.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев Ю.С., Хрисанов Н.И. Экология использования возобновляющихся энергетических источников. Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. – 343 с.

2. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Группа АФ <http://www.afconsult.com/ru/sectors/energetika/vozobnovljaemye-istochniki-energii-vie/>

3. Возобновляемые источники энергии. Siemens Россия <http://www.science-award.siemens.ru/default.asp?trID=1401>

4. Возобновляемые источники энергии и энергоэффективность. Международный центр устойчивого энергетического развития http://www.isedc-u.com/index.php?option=com_content&view=article&id=67&Itemid=49&lang=ru

5. Лукутин Б.В. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие / Б.В. Лукутин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008–187 с.

6. Australian Energy Statistics update, 2014, Bureau of Resources and Energy Economics, SNL Metals and Mining.

М. В. Чашко (канд. техн. наук, доц.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

В. А. Симивол

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ВПРОВАДЖЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В ГІРНИЧУ ПРОМИСЛОВІСТЬ

Анотація: Дана стаття присвячена питанням економії на гірничих підприємствах промисловості в цілому. Виявлено та обґрунтовано необхідність використання альтернативного джерела енергії. Впровадження сонячної енергії в гірничі підприємства.

Ключові слова: сонячна енергія, економія, сонячні батареї, підприємства, гірська промисловість, перспективи на майбутнє.

M. V. Chashko (Ph.D, Associate Professor),
Industrial Institute of SHEE “Donetsk national technical University”
V. A. Semeval
Industrial Institute of SHEE “Donetsk national technical University”

THE INTRODUCTION OF SOLAR ENERGY IN THE MINING INDUSTRY

Annotation: *This article is devoted to questions of economy in mining and other industries in General. Identified and the necessity of using alternative source of energy. The introduction of solar energy in mining enterprise.*

Key words: *solar energy saving, solar panels, enterprises, mining industry, prospects for the future.*

УДК 621.313.3

В. І. Чернишев

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ АСИНХРОНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ГІРНИЧИХ МАШИН

Анотація: *Наведено аналіз методів контролю та видів несправностей асинхронного електродвигуна у процесі експлуатації. В якості контрольованого параметра асинхронного двигуна визначено резонансну гармоніку струму. Запропоновано метод діагностики асинхронного електродвигуна з використанням резонансних вищих гармонік струму.*

Ключові слова: *асинхронний електропривод, струм, контроль, вищі гармоніки, резонанс, спектральний аналіз, діагностика, перевантаження, короткозамкнений виток.*

Постановка проблеми. Асинхронний електродвигун дуже поширений в електроприводах механізмів та машин гірничих підприємств. Зростання потужності електроприводів здійснюється у напрямку збільшення кількості асинхронних електродвигунів. Надійна робота асинхронного електроприводу забезпечує безперервність технологічного процесу. Практика показує, що більшість відмов електрообладнання відбувається у робочі зміни. Експлуатація асинхронних електродвигунів, що знаходяться в незадовільному технічному стані, призводить до раптових фінансових втрат, зниження якості продукції та безпеки виробництва. Узв'язку із цим виникає необхідність контролю стану та діагностування асинхронного електроприводу в процесі його роботи. Насьогодні відсутня концепція обслуговування електроприводів «за станом».

Аналіз попередніх досліджень. Система технічного обслуговування і ремонту електроустаткування що існує на вугільних шахтах регламентується вимогами правил безпеки та правилами технічної експлуатації вугільних шахт, положенням про планово-попереджувальні ремонти устаткування вугільних підприємств. Відносно великі терміни між випробуваннями, не дозволяють виявляти пошкодження на ранній стадії їх виникнення, тобто не можуть бути зафіксовані у мить її появи [1-3].

Методи неруйнівного контролю і технічної діагностики електрообладнання, які представлено в [4], засновані за різними принципами. Найбільш поширений, вібраційний метод, який використовують для пошуку несправності асинхронного двигуна є трудомістким, так як потребує ретельного розташування датчиків.

Останнім часом, в Україні, та за кордоном [10,11], широко розвивається моніторинг спожитого електроустановкою струму з подальшим використанням спектрального аналізу отриманого сигналу. Метод спектрального аналізу струму значно спрощує процес діагностування. За цим методом можна визначати якість споживаної електроенергії та стан

елементів асинхронного електродвигуна.

При вивченні літератури виявлено, що недостатньо розкрито перерозподіл спектрального складу струму в залежності від режиму роботи та стану асинхронного електродвигуна. Метод спектрального аналізу струму, споживаного асинхронним двигуном, потребує подальшого розвитку.

Мета статті. Удосконалення способів контролю та методів діагностики, що дозволяють на ранній стадії виявляти дефекти асинхронного двигуна в робочих режимах.

Виклад основного матеріалу. У вугільній промисловості України останнім часом спостерігається тенденція до збільшення кількості асинхронних двигунів в електроприводах гірничих машин і стаціонарних установок. Так, сумарна потужність вітчизняного вугільного комбайна КДК700 досягає 830 кВт, а забійного конвеєра СПЦ334П становить 750 кВт. Застосування багатодвигунних електроприводів збільшує капітальні витрати на їх придбання, та зменшує надійність роботи машини. Непередбачена зупинка в роботі гірничої машини, у зв'язку з відмовою асинхронного електродвигуна, зменшує кількість видобутого вугілля, збільшує експлуатаційні витрати на технічне обслуговування машин. Незадовільний стан електрообладнання гірничих машин і механізмів в обмежених просторах виробок, небезпечних за газом, та пилом може бути причиною пожежі або вибуху.

Надійна та безпечна робота асинхронних електродвигунів визначається не тільки проектними рішеннями, технологіями їх виготовлення, але значною мірою якістю обслуговування. Існуюча на вугільних шахтах система технічного обслуговування і ремонту («за регламентом») електроустаткування визначається вимогами правил безпеки та правилами технічної експлуатації вугільних шахт, положенням про планово-попереджувальні ремонти устаткування вугільних підприємств [1-4].

Відносно великі терміни між випробуваннями, регламентовані ДОСТ 7217-87 [5], не дозволяють виявляти пошкодження асинхронного двигуна на ранній стадії їх виникнення, тобто не можуть бути зафіксовані своєчасно.

Основні несправності електричних машин у процесі експлуатації можна поділити на дві категорії: електричні і механічні.

До електричних відмов відносяться наступні несправності: пробій ізоляції на корпус і між фазами, обрив провідників в обмотці, замикання між витками обмотки, порушення контактів і з'єднань (паяних і зварних), зниження опору ізоляції внаслідок її старіння або надмірного зволоження, порушення ізоляції між листами магнітопроводів.

До механічних відмов відносяться внаслідок виплавки бабіту в підшипниках ковзання, руйнування сепаратора, шариків або роликів у підшипниках кочення, деформації валу ротора, утворення глибоких доріжок на поверхні контактних кілець, ослаблення кріплення статора до станини, обрив бандажів або їх сповзання, ослаблення пресування осердя, погіршення охолодження машини.

Несправності і пошкодження електричних машин, що викликають відмову в роботі, не завжди вдається знайти шляхом зовнішнього огляду, оскільки деякі з них носять прихований характер і можуть бути знайдені тільки після відповідних випробувань і розбирання машини.

Характерні причини відмов ротора асинхронних двигунів наступні: пробій ізоляції обмотки ротора на корпус призводить до повільного збільшення частоти обертання при пуску асинхронного двигуна; ротор сильно нагрівається навіть при невеликому навантаженні; до тих же явищ призводить порушення ізоляції між контактними кільцями і валом ротора. У разі короткого замикання обмотки фазного ротора спостерігається такий же ефект, як при порушенні ізоляції між контактними кільцями і валом. Обрив стрижня короткозамкнутої обмотки ротора призводить до підвищених вібрацій, зменшенню частоти обертання під навантаженням, пульсаціям струму статора послідовно у всіх фазах

Для статора асинхронного характерні такі причини відмов. Пробій ізоляції між фазами призводить до короткого замикання в обмотці. При короткому замиканні обмотки статора, спостерігаються сильні вібрації двигуна змінного струму, які припиняються після відключення його від мережі, сильне гудіння, несиметрія струмів у фазах, швидкий нагрів окремих ділянок обмотки. Обрив провідників обмотки статора асинхронного двигуна викликає несиметрію струмів і швидкий нагрів однієї з фаз. В крайньому випадку – обрив

фази, ротор не обертається або його частота обертання мала, спостерігається сильний шум і швидкий нагрів двигуна. Виткове коротке замикання обмотки статора або ротора призводить до надмірного нагріву електричної машини при номінальному навантаженні.

Порушення контактів, паяних або зварних з'єднань в асинхронних двигунах еквівалентно обриву витків, стрижнів короткозамкнених обмоток або фази обмотки залежно від місця знаходження даного з'єднання. Порушення контакту в ланцюзі щіток призводить до підвищеного іскріння між контактними кільцями й щітками.

При експлуатації електричних машин особливу увагу надають стану ізоляції. Ізоляція є найуразливішим елементом електричних машин, бо вона порівняно легко порушується від механічних дій і впливу навколишнього середовища, попадання масла і пилу. Для контролю за станом обмоток періодично вимірюють опір ізоляції. Неприпустиме зниження опору ізоляції може бути наслідком сильного забруднення ізоляції, зволоження і часткового руйнування, викликаного старінням ізоляції.

Порушення ізоляції між листами осердя магнітопроводів, призводить до неприпустимого підвищення температури окремих ділянок магнітопроводу і всього магнітопроводу в цілому, підвищеному нагріву обмоток, вигорянню частини магнітопроводу.

Виплавка бабіту в підшипниках ковзання і надмірний знос підшипників кочення призводять до порушення співвісності валів електричної машини і механізму, до появи ексцентриситету ротора. Виплавка бабіту викликає підвищення вібрацій електричної машини, які не зникають після відключення її від мережі. Знос підшипників кочення приводить до появи великих сил одностороннього тяжіння, внаслідок чого двигун не розвиває номінальної швидкості, а його робота супроводжується сильним гудінням. Підвищені вібрації можуть бути також наслідком порушення врівноваженості частин, що обертаються.

Деформація валу ротора приводить до появи ексцентриситету ротора і великих сил одностороннього тяжіння.

Ослаблення кріплення осердя статора призводить до підвищених вібрацій, зникаючих після відключення машини від мережі. Ослаблення кріплення листів магнітопроводу викликає шум і підвищені вібрації двигуна.

Засмічення вентиляційних каналів приводить до неприпустимого нагріву електричної машини або окремих її частин.

Із аналізу приведених можливих несправностей асинхронних двигунів і їх впливу на робочі властивості машини звертаємо увагу, що одні і ті ж ефекти можуть бути викликані різними причинами. Це не дозволяє однозначно назвати несправність електричної машини по її зовнішньому прояву, примушує обмежитися переліком можливих несправностей, які уточнюватимуться при діагностуванні з метою подальшого їх усунення.

Дослідження показують [6], що основні причини ушкоджень асинхронного двигуна наступні: пробій ізоляції обмотки статора – 55%, пошкодження обмотки ротора – 35%, інші – 15%. Статистичні дані для електрообладнання шахтних підйомних установок показують [7], лише 43,5 % відмов запобігаються технічним обслуговуванням, а більшість відмов відбувається в робочі зміни.

Відповідно даним [8], у вугільній промисловості 35% пожеж у підземних виробках шахт відбувається від теплових імпульсів електричної енергії, що виділяються в рудникову атмосферу при експлуатації несправних електричних мереж.

Проведений аналіз показує, що обслуговування асинхронних електроприводів за регламентом потребує змін, так як більшість відказів відбуваються у робочі зміни. Методи неруйнівного контролю і технічної діагностики електрообладнання постійно удосконалюють. Вібродіагностика, це метод, який діагностує асинхронний електродвигун у мить його проведення. Групи методів вібродіагностики асинхронного електродвигуна та, критерії їх ефективності наведені в роботі [9]. Результати вібродіагностики можна використовувати для оцінки стану електродвигуна, та зміни термінів проведення планово-попереджувальних ремонтів. Вібраційний метод є достатньо дорогим і трудомістким.

На шахтах України успішно впроваджується уніфікована телекомунікаційна система диспетчерського контролю та автоматизації керування гірничими машинами і

технологічними комплексами (система УТАС) [12,13]. УТАС виконує повний обсяг функцій, що забезпечують безпечні умови ведення гірничих робіт і підвищення продуктивності шахти з усіма варіантами гірничо-геологічних умов. Дана система призначена для контролю параметрів роботи гірничих машин і навколишнього середовища в гірничих виробках шахт і автоматизованого управління машинами і технологічними комплексами, а також передачі даних про стан гірничих машин та рудникової атмосфери диспетчеру на поверхню.

Основна область застосування системи – це вугільні і гірничодобувні підприємства, в тому числі, небезпечних по газу і пилу, з устаткуванням, розташованим на поверхні і під землею, а також інші підприємства, де потрібно контролювати і передавати на віддалені відстані параметри роботи обладнання.

Функціональним призначенням системи УТАС є: збір даних про параметри роботи гірничих машин; збір даних про навколишнє середовище у виробках шахт; первинна обробка отриманої інформації; передача даних диспетчера на поверхню; аналіз зібраної інформації за заздалегідь розробленим алгоритмом; видача команд управління до гірничих машин або рекомендацій гірничому диспетчеру.

Сигнали про стан гірничих машин, механізмів, устаткування та навколишнього середовища надходять від відповідних датчиків, установлених в шахті та на поверхні. Ці сигнали надходять на програмовані контролери для їх реєстрації, аналізу, виконання відключення обладнання при перевищенні граничних значень параметрів, а також для передачі сигналів по телекомунікаційному каналу зв'язку в диспетчерську. В диспетчерській, за допомогою програмного забезпечення, інформація аналізується, реєструється, відображається на екрані диспетчера і, залежно від ситуації, керуючі команди віддаються на обладнання, встановлене під землею, або даються рекомендації диспетчеру для прийняття рішень. Для контролю параметрів електроприводів, в системі УТАС, використовують такі вимірювальні модулі: датчик струму, датчик вібрації, датчик температури. Технічні характеристики вимірювальних модулів не розпізнають динамічних процесів в електроприводах гірничих машин. Існуючу телекомунікаційну систему, необхідно доукомплектувати інноваційними модулями. Які, в якості інформаційного сигналу використовують параметри вищих гармонік струму, який споживається електроприводом.

Контроль спектрального складу струму, споживаного асинхронним електроприводом, значно прискорює процес діагностування, і дає можливість робити його автоматично, без присутності людини. Визначення параметрів вищих гармонік струму асинхронного двигуна, дозволяє оцінити стан двигуна. Асинхронний двигун являє собою складну електромеханічну систему у якій електричні, магнітні та механічні процеси пов'язані між собою.

Магнітна індукція вздовж повітряного зазору електродвигуна відрізняється від синусоїди, тому в обмотках існує нескінченний спектр гармонік поля. Вищі гармоніки магнітного поля можна розділити на часові та просторові. Часові гармоніки з'являються в повітряному зазорі електродвигуна внаслідок несинусоїдальності і несиметрії живлячої напруги. Просторові гармоніки з'являються внаслідок нелінійності намагнічуючого контуру, наявності зубців на статорі і роторі, несинусоїдного розподілу магніторушійної сили обмоток[14].

Додаткові моменти вищих гармонік магнітного поля, що діють на ротор асинхронного двигуна можна розділити: на асинхронні, синхронні, гістерезисні й реактивні. Виникають також моменти, що викликані радіальними вібраційними силами. Асинхронні моменти вищих гармонік за своєю дією аналогічні моментам основної гармоніки, але мають менші амплітуди і синхронні швидкості. Додаткові асинхронні моменти відіграють значну роль в асинхронних двигунах з короткозамкненим ротором, так як в них утворюються контури для струмів вищих гармонік.

Для визначення характеру частотного перерозподілу струму, досліджувався спектральний склад струму у силовому колі асинхронного електродвигуна потужністю 4кВт. Методом прямого заміру аналізатором гармонік СК4-56 вимірювалися вихідні параметри трансформатора струму, включеного в статорне коло електродвигуна. Почастотно вимірювалися амплітуди вищих гармонік струму до 50-го порядку при зростанні навантаження на вал двигуна. Виявлено різке прирощення амплітуд окремих гармонік

струму. Додатковими дослідженнями визначено, що це резонанс струмів в обмотці статора.

Поява в спектрі струму асинхронного електродвигуна резонансних частот певної величини, свідчить про наявність змін в електромагнітній системі двигуна. За характером змін можна визначити ступінь перевантаження асинхронного електродвигуна або несправність, яка тільки зароджується. Резонансна частота визначається індуктивністю, обмоток статора і ротора та ємностями кабеля живлення та обмоток відносно корпусу. Кожній ступені навантаження електродвигуна відповідає резонансна гармоніка струму[15,16]. Появі короткозамкненого витка в обмотці статора відповідає резонансна гармоніка струму іншої частоти[17,18]. Контроль резонансних гармонік струму в обмотках електродвигунів можна використовувати для діагностування, та організації обслуговування і ремонту в залежності фактичного стану елементів асинхронного двигуна.

Інноваційний підхід полягає у тому, що із нескінченного складу вищих гармонік струму асинхронного електродвигуна обирають гармоніку яка знаходиться в резонансі у номінальному режимі. Частотне вікно спостереження прив'язане до резонансної гармоніки. По напрямку зміщення частоти резонансу, величині амплітуди та часу її дії приймається рішення. Спектральні вимірювання проводяться під час роботи електродвигуна, без зупинки технологічного процесу. За цим підходом пропонуються: метод діагностики та способи захисту від перевантаження та короткозамкненого витка асинхронного електродвигуна[19].

Особливо важливо застосувати резонансні гармоніки струму, для захисту від перевантаження та короткозамкненого витка окремих електродвигунів багатодвигунних електроприводів. Запропонований спосіб раціональний для діагностування та контролю асинхронних електроприводів напругою вище 1 кВ, у які за умов безпеки не встановлюють датчики в обмотки електродвигунів.

Висновки. Обґрунтовано резонансну гармоніку струму в якості контрольного параметра струму асинхронного електродвигуна багатодвигунного електроприводу. Розроблено способи та пристрої захисту, що реагують на пошкодження на ранній стадії їх виникнення. Запропоновано метод діагностики асинхронного електродвигуна з використанням резонансних гармонік струму. Натомість планово-попереджувальним ремонтам, пропонується технологія організації обслуговування асинхронного електроприводів за фактичним станом. У зв'язку із цим гірніше підприємство отримає економічний зиск за рахунок зменшення кількості непередбачених зупинок технологічного процесу у робочі зміни.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. НПАОП 10.0-1.01-05. Правила безпеки у вугільних шахтах. – Луганск: ДП ЛЭТЦ, 2005. – 399 с.
2. СОУ 10.1-00185790-002-2005. Правила технічної експлуатації вугільних шахт.– К.: Мінвуглепром України, 2006. – 353 с.
3. Дідик, Р.П. Технологія виробництва і ремонт гірничих машин: Підруч. / Р.П.Дідик, В.М.Забара, П.М.Шилов.– Дніпропетровськ: Наука і освіта, 1999.– 470 с.
4. Техническое обслуживание и текущий ремонт стационарного оборудования /В.М.Бирюков, В.А. Пристром, В.И. Матвеев, Н.Г.Картавий.– М.: Недра, 1998. – 318с.
5. ГОСТ 7217-87. Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные. Методы испытаний. — Введ 01.01.88 г.–М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1987.– 41с.
6. Обеспечение надёжности асинхронных двигателей / П.И.Захарченко, И.Г.Ширшин, Б.Д.Ванеев, В.М.Гостищев. – Донецк: УкрНИИВЭ,1998. – 324с.
7. Макаров М. И. Надёжность шахтных подъемных установок /М.И.Макаров, Е.Кърцелин. – Донецк: ДонГТУ, 1996. – 310 с.
8. Ткачук К. П. Взрывопожаробезопасность горного оборудования/К.П.Ткачук, В.П.Колосюк, С.А.Ихно. – К.: Основа, 2000. – 695 с.
9. Браташ А. В. Анализ методов вибродиагностики асинхронных двигателей. / А.В. Браташ, А.П. Калинов. // Вісн. Кременчуцького держ. політехніч. ун-ту. – Кременчук: КДПУ, 2006. – Вип. 4.

10. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий /И.В.Жежеленко. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 331 с.
11. Krai C. Vienna monitoring method — detection of faulty rotor bars by means of a portable measurement system /C.Krai, F.Pirker // Internat. conf. on electrical machines (ICEM-2000).– Helsenki University of technology, Espoo.– Finland,2000.– P. 873-877.
12. <http://www.itras.com.ua>
13. Галушко Н.Н., Глебов В.П. Первый год эксплуатации системы УТАС. Уголь Украины. №8, 2012. С. 38-40.
14. Копылов И.И. Электрические машины: Учеб. для вузов / И.И.Копылов.– М:Энергоатом,1986.–360с.
15. А. с. № 1436175 СССР, МКИ³ H02H7/08. Способ защиты от перегрузки асинхронных электродвигателей / В. И. Чернышев и др.–№4104367; заявл 30.05.1986; опубл. 07.11.88, Бюл. №41.– 6 с.
16. А.с.№ 1598026 СССР, МКИ³ H02H7/08, 3/52. Устройство для защиты группы электродвигателей от перегрузки по токам высших гармоник./ В.И.Чернышев и др. – №4463486; заявл 19.07.1988;опубл. 07.10.90, Бюл. № 37.– 6 с.
17. Патент на корисну модель №79239,Україна, МПК H02H7/08(2006.01). Спосіб захисту асинхронного електродвигуна від виткових замикань./В.І. Чернишев; заявл. Держ. вищ. навч. закл. «Донецький національний технічний університет». – №u201213774;заявл.03.12.2012; опубл.10.04.2013, Бюл. «Промислова власність» №7. – 8 с.
18. Патент на винахід №105420, Україна, МПК (2014.01) H02H7/08 (2006.01), G01R31/00, H02H7/00. Спосіб захисту асинхронного електродвигуна від виткових замикань. /В.І. Чернишев; заявл. Держ. вищ. навч. закл.«Донецький національний технічний університет».–№a201211385; заявл. 02.10.2012; опубл. 12.05.2014, Бюл. «Промислова власність» № 9. – 8 с.
19. Чернишев В.І. Спосіб захисту та діагностування електроприводів гірничих машин від виткових замикань. Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі. Електронна версія збірника тез Міжнародної науково- практичної інтернет-конференції, ДВНЗ «Криворізький національний університет», 14 грудня 2016р.- С. 262.

В. И. Чернышев

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ГОРНЫХ МАШИН

Аннотация: Приведен анализ методов контроля и видов неисправностей асинхронного электродвигателя в процессе эксплуатации. В качестве контролируемого параметра асинхронного двигателя определена резонансная гармоника тока. Предложен метод диагностики асинхронного электродвигателя с использованием резонансных высших гармоник тока.

Ключевые слова: асинхронный электропривод, ток, контроль, высшие гармоники, резонанс, спектральный анализ, диагностика, перегрузки, короткозамкнутый виток

Victor Chernyshev

Industrial Institute SHEE "Donetsk national technical University"

DEVELOPMENT OF CONTROL AND DIAGNOSTICS OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVES OF MINING MACHINES

Annotation: The analysis of methods of control and types of faults in induction motor operation is given in the paper. Controlled parameter of the induction motor is determined as a resonant harmonic of current. The method of diagnostics of induction motor with resonant higher harmonics of current use is proposed.

Key words: asynchronous electric drive, current control, harmonics, resonance, spectral analysis, diagnostics, over-load, closed loop

В. І. Чернишев (асистент),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Т. С. Більмак

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЦІ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

Анотація: Проведено огляд літературної інформації за ефективністю використання інтелектуальних технологій в теплоенергетиці. Показано, що інтелектуальні технології знайшли своє застосування у різних сферах енергетики: теплових електричних станціях ТЕС, для прогнозування і оптимізації режимів роботи різних теплотехнічних систем. Системи управління теплотехнічними системами на базі інтелектуальних технологій дозволяють підвищити ККД теплотехнічного обладнання, зменшити викиди шкідливих речовин в навколишнє середовище.

Ключові слова: теплоенергетичні установки, інтелектуальні технології, нейронні мережі, генетичні алгоритми, нечітка логіка, шкідливі викиди, нейронна мережа.

Постановка проблеми. Теплоенергетика, галузь теплотехніки, що займається перетворенням теплоти в інші види енергії, головним чином в механічну і електричну. Для генерування механічної енергії за рахунок теплоти служать теплосилові установки; отримана в цих установках механічна енергія використовується для приводу робочих машин або електромеханічних генераторів, за допомогою яких виробляється електроенергія. Установки, в яких перетворення теплоти в електроенергію здійснюється без електромеханічних генераторів, називаються установками прямого перетворення енергії. До них відносять магнітогідродинамічні генератори, термоелектричні генератори, термоемісійні перетворювачі енергії.

Протягом декількох останніх десятиліть теплоенергетиці в нашій країні не приділялося належної уваги. Ефективність використання палива практично у всіх теплоенергетичних установках значно нижче, ніж на Заході. Так, ККД енергоблоків, що роблять електроенергію, на 7-10% нижче, ніж у США чи Німеччині.

Аналіз попередніх досліджень. В останній час розвиток альтернативної енергетики (теплових насосів, геліоколекторів, біогазових установок, вітрових електростанцій, тощо) набирає швидкий темп, тому виникає інтерес до застосування інтелектуальних технологій в системах управління такими об'єктами, а також при моделюванні режимів роботи такого обладнання. Інтенсивне забруднення навколишнього середовища паливовспалювальними установками обумовлює також інтерес до використання технологій зменшення викидів забруднювальних установок, в тому числі ефективних способів управління таким обладнанням на базі інтелектуальних технологій. Тому порушена тема має свою актуальність.

На зарубіжних ТЕС набули широкого розповсюдження інтелектуальні системи автоматичного управління. Компанією AI Ware Inc (США) запропонована технологія управління газоподібними викидами, що є комбінацією нейронної мережі і системи багатоцільової нелінійної оптимізації з аналізом процесу горіння. Технологія дозволяє збільшити теплову потужність на 0,5 % і знизити на 6% викиди NOx. Цією ж компанією розроблено математичну модель штучної нейронної мережі для прогнозування викидів CO і NOx. Результати експериментів показали гарне співпадання реальних і прогнозних значень по викидах і довели можливість ефективного прогнозування таких викидів. Компанія Neural Ware на базі інтелектуальних технологій оптимізувала роботу пилувугільних котлів на електростанції в Остроленці (Польща). У Великобританії було розроблено нову технологію управління вугільною ТЕС з використанням гібридного контролера на основі нейронних мереж. Впровадження гібридного контролера на котельній установці Garth в Лондоні

дозволило зменшити викиди CO на 60 % і NOx на 10 %. У зв'язку зі значною ефективністю використання цих технологій, є актуальним проведення досліджень в області синтезу інтелектуальних систем управління на українських ТЕС, ТЕЦ, АЕС [3].

Метою даної роботи: огляд інформації з різних літературних джерел, в яких детально розглядається застосування інтелектуальних технологій в теплоенергетиці.

Виклад основного матеріалу. Сучасна енергетика являє собою складну багаторівневу ієрархічну структуру, призначену забезпечити комфортні умови проживання населення, а також нормальне функціонування промислових підприємств, виробництв і закладів. Лише на основі надійної та ефективної системи забезпечення споживачів різного рівня потрібною енергією та енергетичними ресурсами можливі їх нормальне функціонування і розвиток. Політична та економічна незалежність і безпека держави багато в чому визначаються виробництвом енергетичних ресурсів у достатній кількості.

Теплоенергетика є одним з передових напрямів енергетичного комплексу і включає в себе ряд найважливіших процесів по виробництву теплової енергії та її ефективному транспортуванні. Також розглядає ключові умови у виробництві використовуваної енергії і важливі питання побічного впливу енергетичної галузі на стан навколишнього середовища, організм людей і тварин. Розвиток технологій теплоенергетики, вдосконалення пристроїв і устаткування теплотехніки незмінно будуть характеризуватися прискоренням темпів зростання всіх кількісних показників і в цілому всієї структури паливно-енергетичного балансу з глобальним охопленням всіх різновидів сировинної бази, в тому числі ресурсів органічного палива та відтворюваних енергетичних джерел.

Сучасні теплоенергетичні установки є технічним комплексом різних елементів обладнання зі складною схемою технологічних зв'язків. В цьому комплексі одночасно протікають і взаємодіють різні фізико-хімічні процеси, сумісно застосовуються різні види і фази енергоносіїв, різноманітні матеріали. Теплоенергетична установка може мати велику кількість технологічних схем і в ній можуть знайти застосування різні типи конструкцій і компоновок обладнання [1]. Крім того промислові теплотехнологічні і теплоенергетичні установки часто є багатозонними [2], де в одному агрегаті в окремих зонах відбуваються певні процеси чи комплекс процесів. Прикладом може бути цементна піч, що обертається, в якій можна виділити від двох (гаряча і холодна частина) до семи-восьми технологічних зон. Створення математичних моделей для подібних промислових об'єктів зустрічає великі труднощі і на сьогоднішній момент не є ефективним, оскільки через складність і велику кількість взаємопов'язаних процесів детерміновані моделі будуються з великою кількістю спрощень, сильно знижують адекватність і універсальність моделей [2].

При управлінні складними, не до кінця вивченими нелінійними системами, що характеризуються неповною і нечіткою інформацією, часто застосовуються моделі, побудовані на основі теорії нечітких множин, де будується не модель об'єкта, а модель управління об'єктом. Такі великі фірми, як F.L. Smidth, Polysius, KHD, Siemens розробляють і застосовують системи з нечіткою логікою, починаючи з 1979 року. Проведений фахівцями фірми «F.L. Smidth» (Данія) аналіз експлуатації комп'ютерних систем з нечіткою логікою [2], встановлених для промислових агрегатів в різних країнах світу, показав: застосування автоматизованих систем на основі нечіткої логіки призвело до економії палива від 2 до 4%, збільшення терміну обладнання від 30 до 50% і поліпшення якості продукції, що випускається. Для впровадження системи з нечіткою логікою потрібно деякий час (близько 4-6 місяців), щоб накопичити достатній досвід, перш ніж виробити стратегію контролю і управління.

Досить ефективно можуть бути використані технології штучного інтелекту для регулювання і оптимізації процесу горіння в котельних установках. Основною метою інтелектуальної системи повинна бути мінімізація викидів NOX при одночасній підтримці ефективності роботи котла. Геометричні і світлові параметри полум'я відображаються певним чином в динамічному режимі. Нейронна мережа на основі цих параметрів дає можливість ідентифікації полум'я по всьому діапазону витрат повітря і палива. У застосовуваних алгоритмах управління використовуються вихідні сигнали нейронної мережі, які ефективно здійснюють замкнутий контроль (зі зворотним зв'язком) стану полум'я і

регулювання повітряних клапанів. Такий контрольований процес горіння шляхом інтелектуального моніторингу полум'я дозволяє надійно експлуатувати котли зі зниженими надлишками повітря, що призводить до підвищення ефективності енергетичної установки, зменшення витрат палива і зниження викидів оксидів азоту [4].

Вчені зі США зазначають [5], що проблеми зольності палива призводять на вугільних електростанціях до зниження ефективності, позапланових відключень, відмов обладнання, і частого очищення обладнання. Запропонували модель нейронної мережі, що визначає домішки і зольність у вугіллі. Оцінка потенційного впливу золи на продуктивність електростанції є надзвичайно складною і важкою задачею через мінливість складу вугілля, складність поведінки золи. Для того, щоб передбачити вплив золи на продуктивність електростанції, потрібно визначити домішки і мінеральний склад вугілля. Методи оцінки поточної якості вугілля або неефективні або дуже дорогі і забирають багато часу.

Було розроблено нейронну мережу, яка швидко визначає домішки і вміст золи у вугіллі. Отримані результати порівнювались з отриманими в результаті сканування під електронним мікроскопом за допомогою методу CCSEM. Отримані розбіжності в складі різних домішок у вугіллі сягають від 1 до 36 %. Як зазначено, після додаткового навчання нейронної мережі, результати будуть більш точними і дозволять заощадити мільйони доларів, що витрачаються на подолання проблем, пов'язаних з зольністю палива. Також було запропоновано метод, оснований на використанні інтелектуальних технологій для моделювання раціональних параметрів теплового насоса з холодоагентом R-404a і повітрям як джерелом низькотемпературної теплоти. Модель реалізовано в MATLAB Fuzzy Logic Toolbox. За допомогою генетичних алгоритмів визначено оптимальний робочий тиск конденсатора і випарника. Результати цієї роботи показують, що інтелектуальні технології дозволяють визначити оптимальні умови роботи теплового насосу [6].

Ведуться розробки українськими вченими [7], які спрямовані на впровадження інтелектуальних технологій в систему управління процесом горіння твердого палива в прямоточному парогенераторі енергоблоку ТЕС. Для підвищення ефективності процесу горіння в парогенераторі автори запропонували інтелектуальну систему управління з додатковим інформаційним каналом по вимірюванню зольності і вологості палива. Дана система функціонує на основі теорії нечіткої логіки. Система управління враховує зв'язок між навантаженням енергоблоку і екологічними показниками і в результаті проводить мінімізацію вмісту шкідливих викидів в димових газах.

Висновки. Таким чином, можна виділити, що використання інтелектуальних технологій в системах управління теплоенергетичними об'єктами дозволяє покращити теплотехнічні і екологічні показники ТЕС, підвищити надійність їх роботи. Як показав огляд літературної інформації, вченими активно ведуться розробки моделей теплотехнічних систем з використанням інтелектуальних технологій. Ці розробки стосуються як традиційних областей енергетики (ТЕС) так і таких, що стрімко розвиваються в останні роки і для яких, зважаючи на їх складність, немає надійних математичних моделей. Зважаючи на стан теплоенергетики в Україні, використання інтелектуальних технологій в різних галузях є актуальним і перспективним.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Попырин, Л. С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок [Текст] / Л. С. Попырин. – М. : Энергия. – 1978 р. – 416 с.
2. Нусс, М. В. Особенности управления многоконтурными теплотехнологическими и теплоэнергетическими агрегатами [Электронный ресурс] / М. В. Нусс, П. А. Тру-баев, В. К. Классен, А. А. Погонин // Фундаментальные исследования. – №6 – 2012. – С. 658–661. Режим доступа : <http://www.fundamental-research.ru/pdf/2012/6-3/30096.pdf>
3. Михайленко, В. С. Синтез интеллектуальной системы автоматического управления процессом горения топлива в энергоблоках тепловых электростанций [Текст] / В. С. Михайленко, Р. Ю. Харченко // Промышленная теплотехника. – №5 – 2012. – С. 45–52.

4. Ибрагимов, И. М. Использование систем искусственного интеллекта при эксплуатации энергетических объектов [Электронный ресурс] / И. М. Ибрагимов // Надежность и безопасность энергетики. Режим доступа :<http://www.sigma08.ru/jur1-1>
5. Salehfar, H. Neural network based power plant coal quality analysis [Электронный ресурс] / S. Benson, H. Salehfar // 1997 IEEE North American Power Symposium. Режим доступа: <http://www.solutions4u-asia.com/pdt/ND/NS-Application-Coat.pdf>
6. Kumaresan G. Optimizing design of heat pump using fuzzy logic and genetic algorithm [Электронный ресурс] / International journal of engineering research and applications (IJERA) // Vol. 3, Issue 3, P.1184–1189. Режим доступа: www.ijera.com.
7. Михайленко, В. С. Интеллектуальная система управления процессом горения твердого топлива в прямоточном парогенераторе энергоблока ТЭС [Текст] / В. С. Михайленко, Н. А. Князева, М. С. Солодовник // Холодильна техніка та технологія. – 2015. – Т. 51, вип. 5. – С. 80–87.

В. И. Чернышев (асистент),

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Т. С. Бильмак

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Аннотация: Проведен обзор литературной информации по эффективности использования интеллектуальных технологий в теплоэнергетике. Показано, что интеллектуальные технологии нашли свое применение в различных сферах энергетики: тепловых электрических станциях ТЭС, для прогнозирования и оптимизации режимов работы различных теплотехнических систем. Системы управления теплотехническими системами на базе интеллектуальных технологий позволяют повысить КПД теплотехнического оборудования, уменьшить выбросы вредных веществ в окружающую среду.

Ключевые слова: теплоэнергетические установки, интеллектуальные технологии, нейронные сети, генетические алгоритмы, нечеткая логика, вредные выбросы.

Viktor Chernyshev (assistant),

Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»

Tatyana Bilmak

Industrial Institute of SHEE «Donetsk national technical University»

INTELLECTUAL TECHNOLOGIES IN HEAT AND ENERGY AND EFFICIENCY OF THEM APPLICATIONS

Annotation: A review of the literature information on the efficiency of the use of intelligent technologies in heat power engineering is conducted. It is shown that intelligent technologies have found their application in various energy sectors: thermal power plants of TPPs, for forecasting and optimization of operating modes of various heat engineering systems. Control systems for thermal engineering systems based on intelligent technologies allow to increase the efficiency of heat engineering equipment, to reduce emissions of harmful substances into the environment.

Key words: heat power plants, intellectual technologies, neural networks, genetic algorithms, fuzzy logic, harmful emissions.

РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ЗАСВОЄННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

Анотація: представлений лабораторний стенд для засвоєння комп'ютеризованих систем управління електроприводом, який містить мікроконтролерну плату Arduino Uno, яка дозволяє керувати лабораторними елементами електроприводу (кроковим двигуном, серводвигуном, колекторними двигунами), автономне живлення, силовий модуль керування двигунами. Стенд відрізняється від інших тим, що до його складу добавлені реальні елементи електроприводу, а також забезпечена можливість підключення стенду до ПК для швидкого оновлення програмного забезпечення.

Ключові слова: комп'ютеризовані системи управління електроприводом, мікроконтролерні засоби, Arduino Uno, лабораторний стенд, керований електропривод.

Постановка проблеми. Комп'ютеризовані системи управління електроприводом (КСУЕ) нині є тим напрямком науково-технічного прогресу, що об'єднує знання в галузі фізики, мікроелектроніки, сучасних інформаційних технологій і штучного інтелекту. Напрямок охоплює широкий клас систем: від автоматизованих промислових ліній до побутових пристроїв загального призначення.

На сьогоднішньому етапі розвитку процесу розробки КСУЕ ускладняється через обмеження витрат часу та коштів на проведення проектних робіт. Перспективним напрямком в цьому контексті є застосування спеціальних інструментальних засобів проектування комп'ютеризованих систем управління, таких як систем автоматизованого проектування програмного забезпечення різних рівнів управління на всіх етапах їх розробки.

Сучасний електропривод – це сукупність електромашин, апаратів і систем керування ними. Він є основним споживачем електричної енергії (до 60%) і головним джерелом механічної енергії в промисловості. Найефективнішим способом економії енергії на всіх виробництвах на базі електродвигунів є застосування регульованого електроприводу. Пристрої такого типу включають: електричні двигуни, електричні, пневматичні або гідравлічні приводи, релеїні пристрої, електростатичні двигуни, механізми роботів, приводи їх рухомих частин, включаючи соленоїдні приводи та приводи типу «звукова котушка», а також багато інших.

В останні роки серед проектувальників об'єктів автоматики та комп'ютеризованих систем управління велике поширення набула платформа Arduino – це лінійка апаратно-програмних мікроконтролерних засобів. Arduino застосовується для створення електронних пристроїв з можливістю прийому сигналів від різних цифрових і аналогових датчиків, які можуть бути підключені до нього, та управління різними технологічними пристроями, що використовуються на сучасних підприємствах різних галузей.

Тому актуальною проблемою є розробка лабораторного стенду та методичного забезпечення з дисципліни «Комп'ютеризовані системи управління електроприводом», за допомогою якого студенти отримують можливість засвоїти технологію проектування інтелектуальних систем управління.

Аналіз попередніх досліджень. Найближчим аналогом лабораторного стенду є [Патент України на корисну модель №83533, Комп'ютеризований лабораторний комплекс для дослідження цифрових систем керування електроприводом постійного струму, МПК G09B 19/25, опубл. 10.09.2013], який містить: дві електричні машини малої потужності, напівпровідниковий перетворювач з роз'ємом для підключення модуля аналогового та дискретного вводу/виводу, за допомогою якого встановлюється зв'язок з персональним комп'ютером, а також датчики для вимірювання та контролю електричних та механічних параметрів двигунів, який відрізняється тим, що він додатково обладнаний блоком ручного керування електроприводом лабораторного комплексу. Недоліками даного пристрою є

низький робочий діапазон частот, великі габарити, висока вартість реалізації, яка обумовлена необхідністю включення до комплексу виділеної ПЕОМ.

Метою дослідження є аналіз проблеми навчання інженерів електромеханічного профілю засобам проектування КСУЕ за допомогою інтегрованого навчального середовища на базі сучасних мікроконтролерів.

Викладення основного матеріалу дослідження. При виконанні дослідження вирішені наступні задачі:

- проведено аналіз існуючих спеціалізованих мікроконтролерних лабораторних стендів,
- обрано структуру та будову інтегрованого навчального середовища у вигляді лабораторного стенду на базі мікроконтролера Arduino Uno,
- обрано зміст лабораторного практикуму, необхідного для засвоєння дисципліни «Комп'ютеризовані системи управління електропроводом».

Інтегроване навчальне середовище дозволяє виконувати лабораторні роботи, що пов'язані із вивченням систем управління контрольно-вимірювальними датчиками, індикаторами та пристроями силової електромеханіки. Середовище характеризується ознаками універсальності (можливість моделювання різних пристроїв на одному стенді) та практичності (робота з реальними пристроями).

Мікроконтролер – це дуже “чуйний” і “ніжний” пристрій, він оперує малими струмами й напругами. Сила струму в типових мікросхемах не перевищує 10-20 міліампер. Що ж робити, якщо потрібно за допомогою мікроконтролера управляти потужними електродвигунами? Адже навіть невеликим двигунам потрібна напруга 5-6 В і сила струму до сотень міліампер. При цьому, у момент запуску двигуна через нього проходить струм із силою більше одного ампера. Таке навантаження неодмінно знищить будь-який мікроконтролер. Для розв'язку цієї проблеми застосовують спеціальні пристрої, які звуть регуляторами ходу двигунів або драйверами. Такі прилади дозволяють передавати більші струми на потужний двигун, під чуйним керуванням слабкого мікроконтролера.

Саме до таких пристроїв і відноситься Motor Shield (M-Shield) – плата розширення для Arduino, що призначена для двоканального управління швидкістю і напрямом обертання колекторних двигунів постійного струму, напругою 5-24 В і максимальним струмом до 2А на канал. Технічні можливості M-Shield дозволяють реалізувати різноманітні проекти, що пов'язані з підключенням і керуванням двигунами різних типів, наприклад чотирьох двигунів постійного струму.

Для лабораторного практикуму дисципліни «Комп'ютеризовані системи управління електроприводом сучасних електромеханічних систем» розроблений лабораторний стенд, за допомогою якого студенти-електромеханіки мають можливість засвоїти технологію проектування та розробки сучасних систем управління.

Студент має можливість розробити та відлагоджувати керуючі програми (скетчі) за допомогою інтегрованого середовища Arduino – кросплатформного Java-додатку, що включає в себе редактор коду, компілятор і модуль передачі прошивки в плату. Середовище розробки засноване на мові програмування Processing. Мова програмування – це C++, доповнений деякими бібліотеками.

Нижче наведений текст програми, що здійснює керування 4-фазовим кроковим двигуном 28BYJ-48, що підключений до портів M1 і M2 модуля M-Sheild.

```
#include <Afmotor.h> //Підключаємо заголовний файл бібліотеки
//Створюємо об'єкт для двигуна на 1 каналі (M1 і M2)
AF_Stepper motor(2048, 1);
void setup() {
    motor.setspeed(5); // 10 обертів у хвилину }
void loop() {
    motor.step(2048, FORWARD, DOUBLE); //1 оберт
    delay(1000); }
```

Для розробки монтажною схеми лабораторного стенду застосований безкоштовний програмний продукт «Fritzing» (рис. 1), який полегшує розробнику процес прототипування

проектів на базі популярних платформ: Arduino, Raspberry Pi і багатьох інших. У бібліотеці Fritzing міститься величезна кількість віртуальних моделей платформ, компонентів і модулів, які можна розташовувати на робочому полі і підключати до макетної плати, створюючи принципову схему майбутнього пристрою.

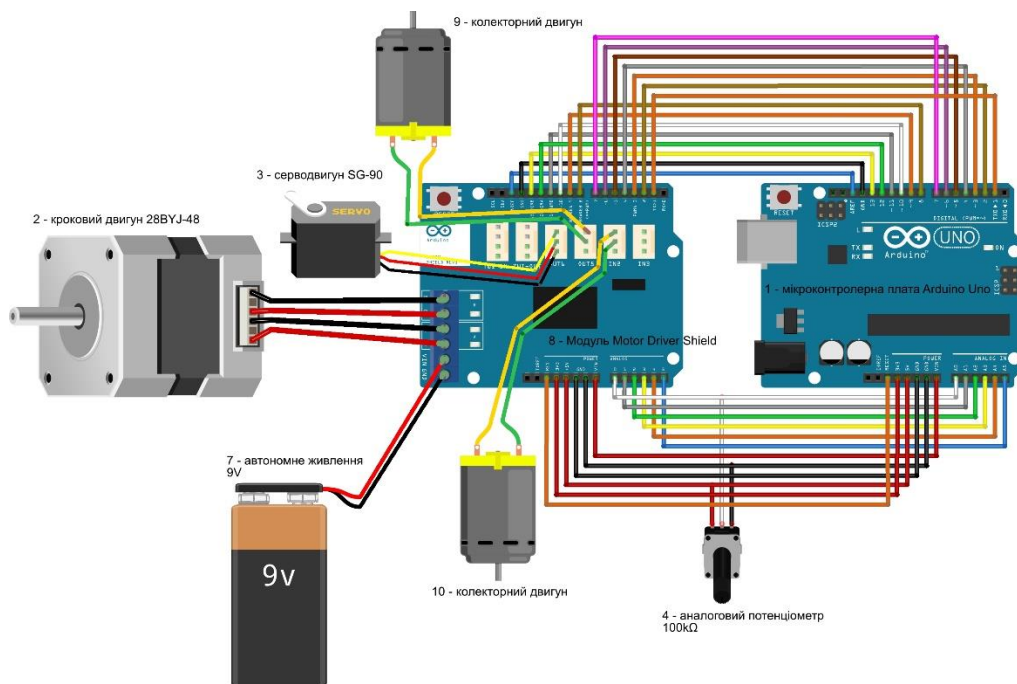


Рисунок 1 - Монтажна схема лабораторного стенду

Розробка електричної схеми з'єднань (рис. 2) лабораторного стенду виконана за допомогою безкоштовного графічного редактора Paint.NET.

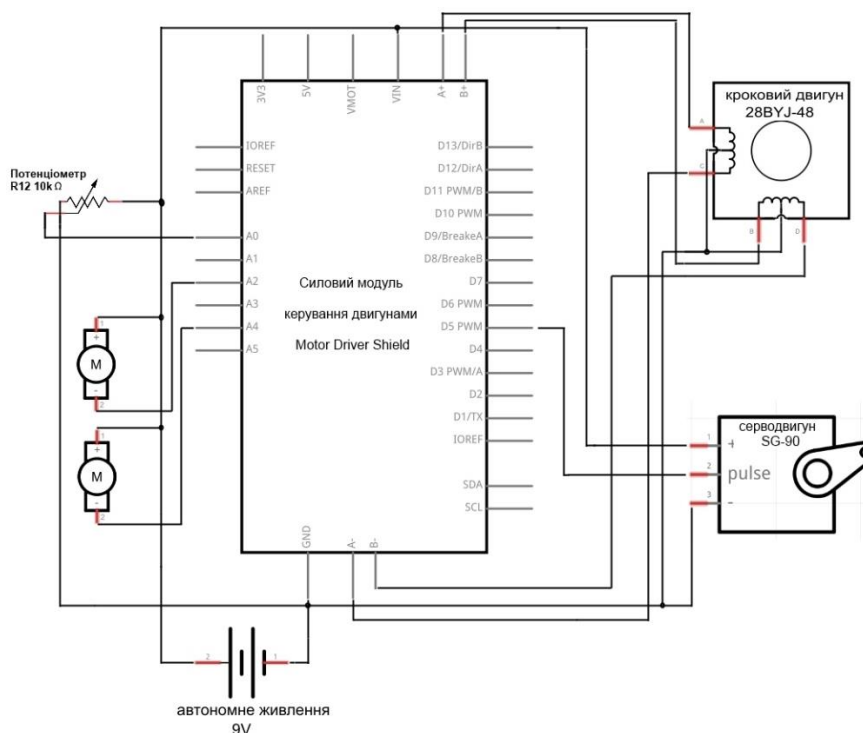


Рисунок 2 - Електрична схем з'єднань лабораторного стенду з силовим модулем M-Shield

Лабораторний стенд має модульну конструкцію (рис. 3) та складається із двох поверхів, є можливість нарощувати додаткові поверхи як зверху і знизу стенда. Поверхи виконані з

прозорого акрилового органічного стекла, технологічні отвори висвердлені для прокладки з'єднувальних проводів. На верхньому поверсі стенду змонтовані двигуни постійного струму: два 5В колекторні двигуни постійного струму, 4-фазовий кроковий двигун кроковий двигун 28BYJ-48, один мініатюрний серводвигун SG-90 та аналоговий потенціометр для регулювання швидкості обертання крокового двигуна або завдання куту обертання сервоприводу. Всі елементи мають спеціальні з'єднувальні провідники, що підготовлені для швидкого підключення до керуючих елементів.

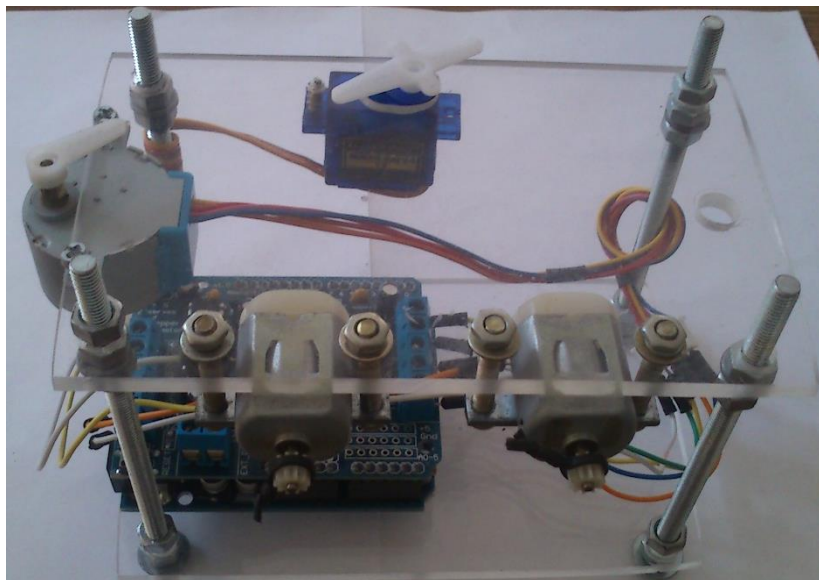


Рисунок 3 - лабораторний стенд у зборі

Тривалість лабораторного практикуму по вивченню можливостей Arduino щодо керування електроприводами постійного струму складає 8 академічних годин. Розроблено методичне забезпечення стенду, що містить чотири роботи: керування кроковим двигуном постійного струму, керування сервоприводом за допомогою потенціометру, використання спеціалізованого модуля M-Shield для керування колекторними двигунами постійного струму, використання спеціалізованого модуля Motor Shield для керування кроковим двигуном.

Апробація лабораторного стенду та програмно-методичного забезпечення проводилася на базі Української інженерно-педагогічної академії при проведенні лабораторних робіт з дисципліни «Комп'ютеризовані системи управління електроприводом сучасних електромеханічних систем» у березні 2016 року.

Висновки. Лабораторний стенд, що запропонований у статті, передбачає розв'язання задач розробки проектів комп'ютеризованих систем управління деякими об'єктами або технологічними процесами за допомогою інтегрованого навчального середовища Arduino IDE. Застосування розробки в навчальному процесі дозволить студентам підвищити якість їх роботи як проектувальників електромеханічних систем або експлуатаційників комп'ютерних технологій систем управління та зробить досконалішою їх підготовку як майбутніх інженерів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Глонь О.В., Дубовой В.М., Мітюшкін Ю.І. Комп'ютеризовані системи керування. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 157 с.
2. Бродин В. Б., Шагурин И. И. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс. – М: Эком, 1999. – 401 с.
3. Чикунів П.О. Модернізація навчального процесу підготовки фахівців у галузі електромеханіки та електроприводу. Матеріали ІХ регіональної науково-практичної конференції молодих учених і студентів з міжнародною участю «Студенти та молодь – для

розвитку регіонів». Т. III: Психолого-педагогічні науки. – Артемівськ: ННППІ УПА, 2014. С.48-49.

4. Чикунів П.О., Криводубський О.О., Котляров Д.М. Лабораторний стенд для засвоєння мікроконтролерних систем управління електродвигунами постійного струму. Матеріали XLIX науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, науковців, аспірантів та співробітників академії. – Артемівськ: ННППІ УПА, 2016.

П. О. Чикунів

ГВУЗ «Українська інженерно-педагогічна академія»

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Аннотация: представлен лабораторный стенд для освоения компьютеризированных систем управления электроприводом, содержащий: микроконтроллерную плату Arduino Uno, которая позволяет управлять лабораторными элементами электропривода (шаговым двигателем, серводвигателем, коллекторными двигателями), автономное питание, силовой модуль управления двигателями. Стенд отличается от аналогичных тем, что в его состав добавлены реальные элементы электропривода, а также обеспечена возможность подключения стенда к ПК для быстрого обновления программного обеспечения.

Ключевые слова: компьютеризованные системы управления электроприводом, микроконтроллерные средства, Arduino Uno, лабораторный стенд, управляемый электропривод.

P. Chikunov

Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy, PhD in Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Electronics and Computer Technology in Control Systems, Bahmut, Donetsk region, Ukraine

DEVELOPMENT OF LABORATORY STAND FOR THE MASTERING OF A COMPUTERIZED SYSTEM TO ACTUATOR'S CONTROLS

Annotation: presented laboratory stand for the mastering of computerized management systems harness that includes cost microcontroller Arduino Uno, which allows to manage laboratory electric elements (stepper motor, servo motors, collector motors), independent power supply, motor control power module. The stand different from others that uploaded real electric elements and possible to connect the stand to a PC for easy software upgrades.

Key words: computerized system to actuator's controls, microcontrolled means, Arduino Uno, laboratory stand, controlled electric drive.

Геометричне та комп'ютерне моделювання об'єктів, явищ, процесів і технологій

УДК 621.8

Э. А. Владимиров (канд. техн. наук, доц.),
Учебно-научный профессионально-педагогический институт
Украинской инженерно-педагогической академии (г. Бахмут)

Г. В. Залужная (канд. физ.-мат. наук, доц.),
Учебно-научный профессионально-педагогический институт
Украинской инженерно-педагогической академии (г. Бахмут)

С. В. Ковалевский (канд. техн. наук, доц.),
Учебно-научный профессионально-педагогический институт
Украинской инженерно-педагогической академии (г. Бахмут)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИЛОВОГО РАСЧЁТА РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ БЕЗ УЧЁТА И С УЧЁТОМ ТРЕНИЯ

Аннотация: Рассмотрена методика силового расчёта плоских рычажных механизмов второго класса, основанная на использовании ПЭВМ. Оригинальное программное обеспечение ориентировано на работе в среде Turbo Paskal и позволяет решать следующие задачи: выполнять расчёт механизма, включающего несколько двухзвенных структурных групп всех пяти видов с учётом трения в КП. Рассмотренная методика обеспечивает надёжный контроль правильности полученных результатов, что особенно актуально при дистанционном обучении, и отличается хорошей наглядностью, высокой точностью и низкой трудоёмкостью. Методика может быть использована как в учебных, так и в инженерных расчётах.

Ключевые слова: рычажный механизм, двухзвенная группа, силовой расчёт, методика, программное обеспечение, контроль, трение.

Постановка проблемы. При проектировании механизмов, используемых в различных отраслях промышленности, большое значение имеет определение усилий, возникающих при взаимодействии контактирующих элементов, образующих кинематические пары, и усилий, действующих на отдельные звенья. Исторически сложилось, что эти задачи рассматривались в рамках теоретической и прикладной механики, а уже в течение нескольких десятилетий изучаются в курсе «Теория механизмов и машин» (ТММ). При этом объектами исследований чаще всего являются элементы упрощённой формы, как, например, стержни в рычажных механизмах. Определение усилий в рамках ТММ обычно является предварительным и уточняется в дальнейшем при последующих прочностных расчётах на базе использования законов сопротивления материалов.

Обратимся к рассмотрению раздела курса ТММ, который носит название силового расчёта рычажных механизмов и является неотъемлемой частью курсового проекта. Силовой расчёт основан на использовании законов механики, и, в частности, уравнений равновесия, которые могут быть записаны как для статических систем, так и для динамических на базе использования принципа Даламбера.

Силовой расчёт механизмов проводится по структурным элементам, которые являются статически определимыми системами. Таковыми в плоских рычажных механизмах являются структурные группы Ассура, простейшие из которых содержат по два звена, которые образуют между собой и остальной частью механизма вращательные и поступательные КП.

Существуют графические и аналитические методы расчёта или их комбинация. В

классической учебной литературе [1,2] и многих других источниках подробно излагается и рекомендуется к использованию графо-аналитический метод, выполняемый вручную.

Рассмотрим её положительные и отрицательные стороны. В качестве положительной можно отметить только одно: графическая часть расчёта является достаточно наглядной. Всё остальное представляет недостатки этой методики:

- низкая точность полученных результатов;
- сложность контроля правильности расчётов, особенно в условиях дистанционного обучения;
- большая трудоёмкость расчётов, особенно, если приходится выполнять расчёты для нескольких положений механизма;
- сложность использования этой методики при выполнении проектов по специальным дисциплинам.

Преодоление этих недостатков возможно только за счёт применения компьютерной техники. Так, практически абсолютной точности можно добиться за счёт использования какой-либо графической среды, например, AutoCad, конечно, в случае правильного использования алгоритма построений. Тем не менее в настоящее время в большинстве вузов эта часть курсового проекта выполняется вручную на листе формата A1, а в сравнительно недавно изданном учебном пособии [3], в котором излагается аналитический метод расчёта, говорится о возможности использования излагаемых алгоритмов для разработки компьютерных программ.

Анализ предыдущих исследований. Начиная с момента широкого внедрения в учебную практику персональных компьютеров, во многих вузах началось использование их при изучении курса ТММ. Здесь следует отметить разработки, выполненные кафедрой ТММ МВТУ им. Баумана [4], а также методика расчёта рычажных механизмов с использованием прикладной программы Microsoft Exel [5,6]. Достаточно большое количество материалов можно отыскать в интернете в виде различных методических пособий. Ознакомление с этими материалами показывает, что авторам не удалось преодолеть все трудности, связанные с силовым расчётом рычажных механизмов.

Цель статьи. Целью настоящей статьи является ознакомление с методикой силового расчёта рычажных механизмов второго класса, а именно:

- описание алгоритмов и специального программного обеспечения для расчёта механизмов, включающих несколько структурных групп Ассура;
- изложение методики визуализации как процесса расчёта, так и представление его результатов;
- изложение методики контроля правильности полученных результатов;
- изучение влияния трения на работу рычажного механизма.

Процесс моделирования проводился в среде Turbo Pascal с использованием графических средств визуализации, программное обеспечение разработано на языке программирования Паскаль [7].

Изложение основного материала исследования. Процесс моделирования силового расчёта рассмотрим на примере двухзвенной структурной группы второго вида, представленной на рис.1.

В качестве исходных данных, представленных на рисунке, являются:

- линейные координаты характерных точек звеньев группы (осей вращательных КП, центров масс звеньев, точек приложения внешних активных сил и сил инерции) и угловые координаты направляющей и продольных осей звеньев;
- внешние активные силы (движущие силы, силы технологического сопротивления, силы тяжести);
- силы и моменты сил инерции;
- силы трения, если их требуется учитывать.

Искомыми являются реакции в КП.

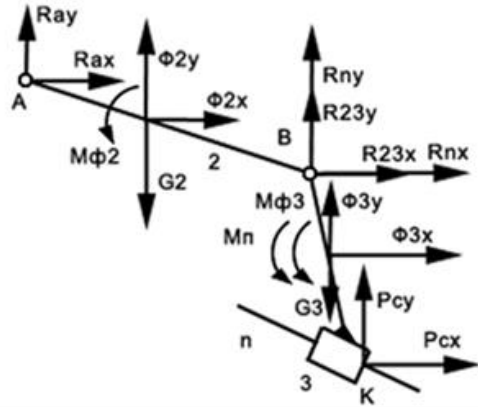


Рисунок 1 – Схема структурной группы второго вида

Следует отметить, что метрические параметры структурной группы, которые, кроме показанных на рисунке, включают также линейные и угловые передаточные функции первого и второго порядков, могут быть определены с помощью специальных процедур Assur2.pas и Point.pas.

Массы и моменты инерции звеньев считаются заданными, поэтому для определения сил и моментов сил инерции звеньев необходимо знать линейные и угловые ускорения звеньев, которые могут быть определены с помощью специальных процедур Motor.pas и Dinamo.pas при рассмотрении исследуемой группы как составной части механизма в целом.

Искомые реакции в КП заданы их проекциями. Как видно из рисунка 1, реакция в поступательной паре приведена к внутреннему шарниру, так что приходится добавить реактивный момент в поступательной паре и задача содержит 7 неизвестных, а для двухзвенной группы можно записать 6 уравнений статики. Выручает то, что результирующая реакция в поступательной паре при отсутствии трения направлена перпендикулярно направляющей, что даёт дополнительное геометрическое условие.

Рассмотрим алгоритм решения задачи, который содержит 6 уравнений статики.

$$\sum M_B(F_i)_3 = 0, \\ P_{Cx}(Y_B - Y_K) - P_{Cy}(X_B - X_K) + \Phi_{3x}(Y_B - Y_{s3}) - (\Phi_{3y} + G_{3y}) \cdot (X_B - X_{s3}) + M_{\phi 3} + M_n = 0. \quad (1)$$

Из уравнения (1) можно определить M_n .

$$\sum M_A(F_i)_{2+3} = 0, \\ P_{Cx}(Y_A - Y_K) - P_{Cy}(X_A - X_K) + \Phi_{3x}(Y_A - Y_{s3}) - (\Phi_{3y} + G_{3y}) \cdot (X_A - X_{s3}) + M_{\phi 3} + M_n + \\ + R_{nx}(Y_A - Y_B) - R_{ny}(X_A - X_B) + \Phi_{2x}(Y_A - Y_{s2}) - (\Phi_{3y} + G_{2y}) \cdot (X_A - X_{s2}) + M_{\phi 2} = 0. \quad (2)$$

Учитывая, что $R_{nx} / R_{ny} = \tan \varphi_n$, из уравнения (2) можно определить R_{nx} и R_{ny} .

$$\sum (F_{ix})_3 = 0, P_{Cx} + \Phi_{3x} + R_{32x} = 0. \quad (3)$$

$$\sum (F_{iy})_3 = 0, P_{Cy} + \Phi_{3y} + G_{3y} + R_{32y} = 0. \quad (4)$$

Из уравнений (3) и (4) определяются R_{32x} и R_{32y}

$$\sum (F_{ix})_2 = 0, R_{Ax} + \hat{O}_{2x} + R_{23x} = 0, \quad (5)$$

$$\sum (F_{iy})_2 = 0, R_{Ay} + \hat{O}_{2y} + G_{2y} + R_{23y} = 0. \quad (6)$$

Из уравнений (5) и (6) с учетом $R_{23x} = -R_{32x}$ и $R_{23y} = -R_{32y}$ определяются R_{Ax} и R_{Ay} .

Этот алгоритм положен в основу процедуры, обращение к которой имеет следующий вид:

Sila2 (G2y, G3y: real; var Xa, Ya, Xb, Yb, Fing, Mc2, Xk2, Yk2, P2x, P2y, Mf2, Xs2, Ys2, F2x, F2y, Mc3, Xk3, Yk3, P3x, P3y, Mf3, Xs3, Ys3, F3x, F3y, Rax, Ray, R32x, R32y, Rnx, Rny, Mn: massiv);

Эта процедура позволяет провести силовой расчёт структурной группы для 48-ми положений механизма. При этом для любого положения механизма на экране дисплея можно просмотреть построение плана сил и в какой-то мере оценить правильность полученного решения. Результаты определения реакций могут быть выведены на экран в графической или табличной форме.

Рассмотрим методику оценки правильности расчётов для всех положений, основанную на применении принципа Лагранжа-Даламбера, согласно которому механическая система находится в равновесии, если алгебраическая сумма произведений всех силовых факторов на линейные ПФ1 точек приложения или угловые ПФ1 звеньев равна нулю.

Для рассматриваемой группы это выражение имеет вид:

$$R_{Ax} \cdot X'_A + R_{Ay} \cdot Y'_A + \Phi_{2x} \cdot X'_{s2} + (\Phi_{2y} + G_{2y}) \cdot Y'_{s2} + M_{\phi 2} \cdot \phi'_2 + (M_{\phi 3} + M_n) \cdot \phi'_n + \\ + \Phi_{3x} \cdot X'_{s3} + (\Phi_{3y} + G_{3y}) \cdot Y'_{s3} + R_{nx} \cdot X'_B + R_{ny} \cdot Y'_B + P_{5x} \cdot X'_K + P_{5y} \cdot Y'_K = 0. \quad (7)$$

При разработке программы выражение (7) идентифицируется как некоторая погрешность и с помощью специальной процедуры для всех положений механизма выводится на экран дисплея. Результаты расчёта являются правильными, если они представляются совокупностью машинных нулей.

Для учёта влияния трения необходимо к системе уравнений равновесия добавить неизвестные моменты трения во вращательных КП А и В и силу трения в поступательной паре ползун-направляющая.

Моделирование трения во вращательных КП осуществляем с помощью выражений:

$$M_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} \cdot f_A \cdot r_A \cdot \text{sgn}(w_1 - w_2), \\ M_B = \sqrt{R_{Bx}^2 + R_{By}^2} \cdot f_B \cdot r_B \cdot \text{sgn}(w_2 - w_3),$$

а в поступательной паре с помощью выражений:

$$R_{tx} = \sqrt{R_{nx}^2 + R_{ny}^2} \cdot \text{abs}(\cos(\text{Finr})) \cdot f_n \cdot \text{sgn}(V_{3x} - V_{nx}), \\ R_{ty} = \sqrt{R_{nx}^2 + R_{ny}^2} \cdot \text{abs}(\sin(\text{Finr})) \cdot f_n \cdot \text{sgn}(V_{3y} - V_{ny}),$$

где r_A , r_B и f_A , f_B – радиус и коэффициент трения соответствующего шарнира; $\text{sgn}(x)$ – функция, которая возвращает знак аргумента.

После добавления этих выражений в уравнения равновесия получаем нелинейную систему уравнений, которая может быть решена методом Ньютона [8].

Этот алгоритм реализуется в специальной процедуре, обращение к которой имеет вид:

Function Sila2Tr_ (g2y, g3y, xa, ya, xb, yb, fing, mc2, xk2, yk2, P2X, P2Y, mf2, xk1, yk1, f2x, f2y, mc3, xk4, yk4, P3X, P3y, mf3, xk3, yk3, f3x, f3y, fa, fb, fn, ra, rb, fiOA1, fiAB1, fin1, Xn1, X31, Yn1, Y31, Xk5, Yk5: Real; Var rax, ray, r23x, r23y, rnx, rny, mn: Real: Boolean);

Рассмотрим метод последовательных приближений. Идею метода рассмотрим на примере силового расчёта структурных групп второго и первого видов.

При реализации этого метода силовой расчёт начинается со специальной процедуры, которая учитывает силы трения в КП, например, в нашем случае, с процедуры Sila2tr.pas.

На рис.2 представлена схема исследуемого механизма, а на рис.3 – график силы технологического сопротивления, приложенный к ползуну.

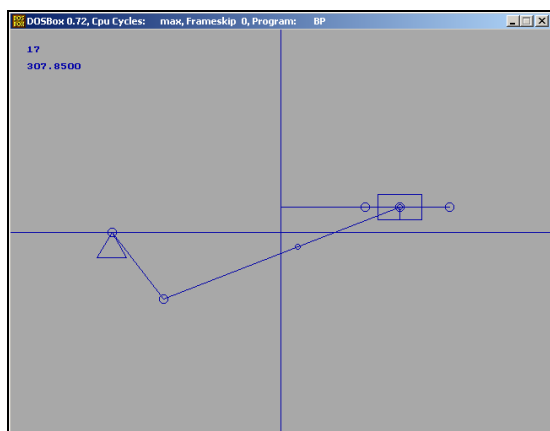


Рисунок 2 – Схема кривошипно-ползунного механизма

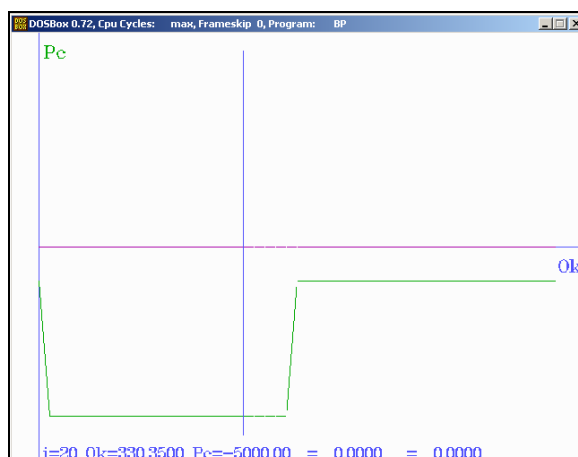


Рисунок 3 – График силы технологического сопротивления

Известными являются параметры, характеризующие трение в КП: коэффициенты трения и радиусы шарниров, так что процедура Sila2tr.pas позволяет рассчитать силы и моменты трения в КП.

Далее используем процедуру Sila2.pas и определяем первое приближение искомых реакций без учёта трения. После этого определяем второе приближение сил и момента трения и включаем их в число активных сил, действующих на звенья механизма. Продолжая процесс итераций, получаем очередное приближение к искомому решению. На рисунках 4–6 представлены графики проекций реакций в КП: реакция без учёта трения – зелёная кривая, результирующая реакция с учётом трения – красная кривая, очередное приближение искомой реакции – сиреневая кривая.

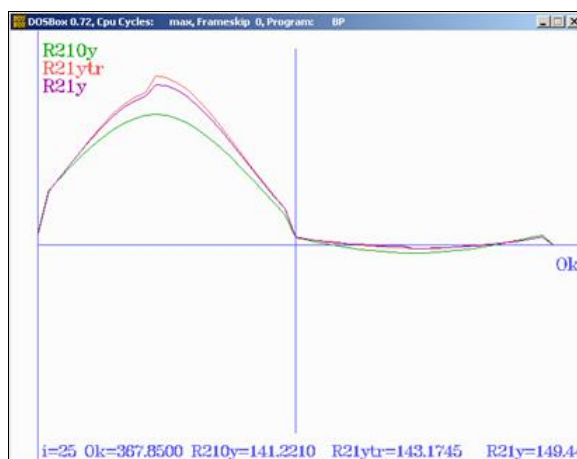
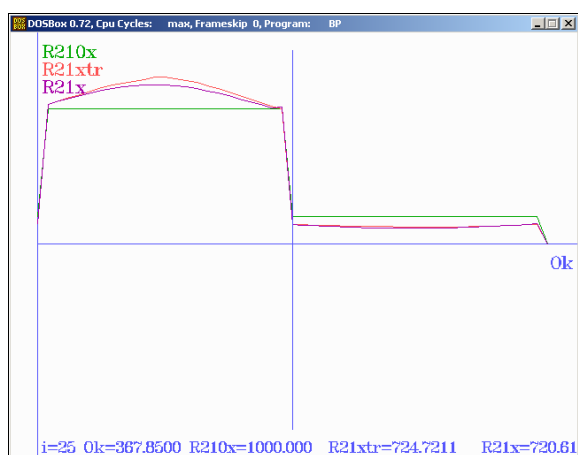


Рисунок 4 – Проекция реакции в КП «кривошип-шатун»

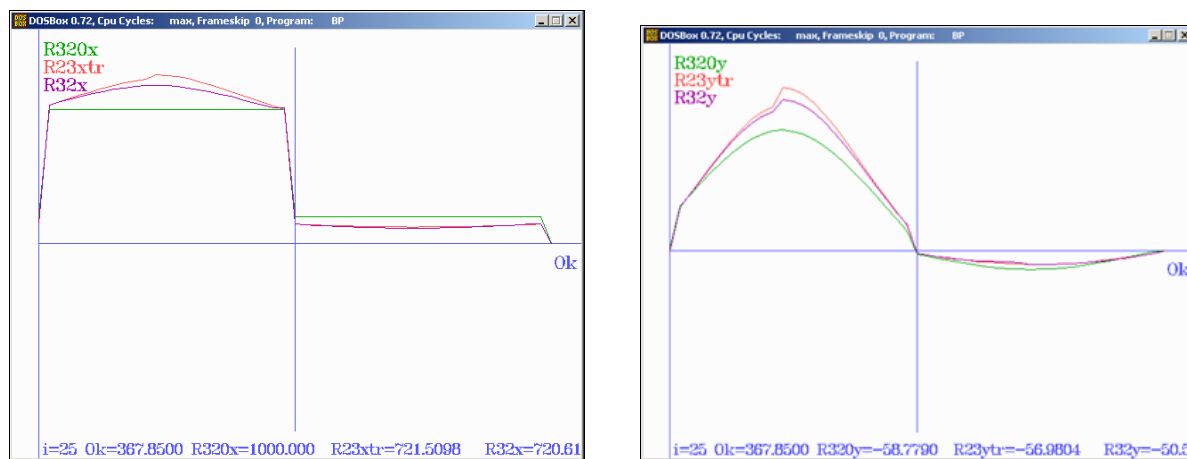


Рисунок 5 – Проекция реакции в КП «шатун-ползун»

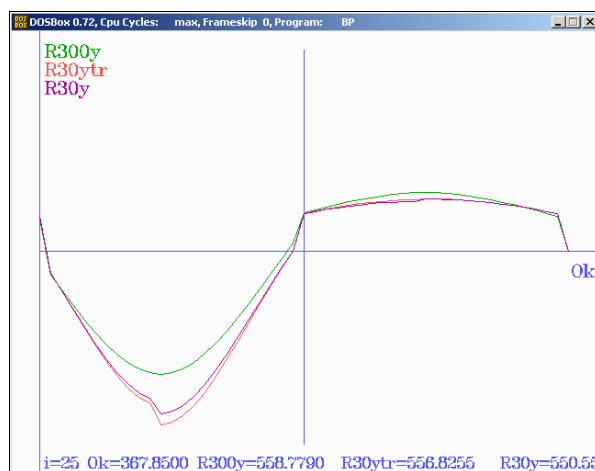


Рисунок 6 – Проекция реакции в поступательной паре

В таблице 1 приведены результаты расчётов реакций в КП для 12-го положения кривошипа.

Таблица 1 – Расчётные значения реакций для 12-го положения кривошипа

i = 12										
Номер итерации	R21x		R21y		R32x		R32y		R30y	
	6298.812		3297.624		6298.812		3097.624		-2597.6	
1	5000	5895.3	2490.7	3064.2	5000	5895.3	2290.7	2864.2	-1790.7	-2364.2
2	5895.3	6182.1	3064.2	3229.4	5895.3	6182.1	2864.2	3029.4	-2364.2	-2529.4
3	6182.1	6264.7	3229.4	3277.7	6182.1	6264.7	3029.4	3077.7	-2529.4	-2577.7
4	6264.7	6288.8	3277.7	3291.8	6264.7	6288.8	3077.7	3091.8	-2577.7	-2591.8
5	6288.8	6295.9	3291.8	3295.9	6288.8	6288.9	3091.8	3095.9	-2591.8	-2595.9
6	6295.9	6297.9	3295.9	3297.1	6295.9	6297.9	3095.9	3097.1	-2595.9	-2597.1
7	6297.9	6298.5	3297.1	3297.4	6297.9	6298.5	3097.1	3097.4	-2597.1	-2597.4
8	6298.5	6298.7	3297.4	3297.5	6298.5	6298.74	3097.4	3097.5	-2597.4	-2597.5
9	6298.74	6298.79	3297.5	3297.61	6298.74	6298.79	3097.5	3097.620	-2597.5	-2597.6
10	6298.79	6298.80	3297.61	3297.620	6298.79	6298.8	3097.620	3097.623	-2597.6	-2597.6
11	6298.80	6298.81	3297.620	3297.623	6298.8	6298.81	3097.623	3097.624		
12	6298.810	6298.811	3297.623	3297.624	6298.810	6298.811	3097.624	3097.624		
13	6298.811	6298.812	3297.624	3297.624	6298.811	6298.812				
14	6298.812	6298.812			6298.812	6298.812				

Выводы. Разработанная методика и программное обеспечение силового расчёта рычажных механизмов позволяют положительно решить ряд важных задач:

- реалізувати можливість силового розрахунок механізмів з произвольним числом структурних груп;
- за счёт использования графических средств среды TurboPascal существенно повысить наглядность получения результатов, что особенно актуально при дистанционной форме обучения;
- повысить точность результатов и довести учебный проект до уровня инженерного расчёта;
- существенно снизить трудоёмкость выполняемого расчёта;
- иметь надёжный способ контролирования правильности расчётов;
- возможность проведения расчётов с учётом трения, что может быть использовано для оценки его влияния на величину реакций в КП, а также на величину КПД и влияние трения на износ элементов кинематических пар.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: учебник для вузов / И.И. Артоболевский. – М.: Наука, 1988. – 640 с.
2. Коренько А.С. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин / А.С. Коренько. – Киев: Вища школа, 1970. – 332 с.
3. Смелягин А.И. Теория механизмов и машин. Курсовое проектирование: учебное пособие / А.И. Смелягин. – М.: ИНФРА-М, – 2009. – 263 с.
4. Попов С.А. Курсовое проектирование по теории механизмов и механике машин: учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / Под ред. К.В. Фролова. – М.: Высш. шк., 1986. – 295 с.
5. Інженерна механіка. Автоматизовані розрахунки механізмів та машин в системі Microsoft Excel: підручник / О.Ф. Дашенко, І.М. Білоконев, Д.В. Юргачов, Ю.М. Свінар'єв. – Одеса: ТЕС, 2004. – 320 с.
6. Теория механизмов и машин. Курсовое проектирование в системе Microsoft Excel: учебное пособие / А.Ф. Дашенко, И.М. Белоконев, К.И. Белоконев, Л.В. Коломиец, Ю.Н. Свиначев. – Одесса: Стандарт, 2007. – 243 с.
7. Фаронов В.В. Turbo Паскаль 7.0. Начальный курс. Учебное пособие / В.В. Фаронов. – М.: Нолидж, 2000. – 576 с.
8. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1974. – 832 с.

Е. О. Владіміров

Навчально-науковий професійно-педагогічний інститут Української інженерно-педагогічної академії (м. Бахмут)

Г. В. Залужна

Навчально-науковий професійно-педагогічний інститут Української інженерно-педагогічної академії (м. Бахмут)

С. В. Ковалевський

Навчально-науковий професійно-педагогічний інститут Української інженерно-педагогічної академії (м. Бахмут)

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИЛОВОГО РОЗРАХУНКУ ВАЖЛИВИХ МЕХАНІЗМІВ БЕЗ УРАХУВАННЯ І З УРАХУВАННЯМ ТЕРТЯ

Анотація: Розглянуто методику силового розрахунку плоских важливих механізмів другого класу, яка заснована на використанні ПЕОМ. Оригінальне програмне забезпечення орієнтоване на роботі в середовищі Turbo Paskal та дозволяє вирішувати наступні завдання: виконувати розрахунок механізму, що включає декілька дволанкових структурних груп всіх п'яти видів з урахуванням тертя в КП. Розглянута методика забезпечує надійний контроль правильності отриманих результатів, що особливо актуально при дистанційному навчанні, та відрізняється хорошою наочністю, високою точністю і низькою

трудоємністю. Методика може бути використана як в навчальних, так і в інженерних розрахунках.

Ключові слова: важільний механізм, дволанкова група, силовий розрахунок, методика, програмне забезпечення, контроль, тертя.

E. Vladimirov

Educational Scientific Professional Pedagogical Institute of Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy (с. Bahmut)

G. Zalyshna

Educational Scientific Professional Pedagogical Institute of Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy (с. Bahmut)

S. Kovalevsky

Educational Scientific Professional Pedagogical Institute of Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy (с. Bahmut)

COMPUTER SIMULATION OF THE FORCE CALCULATION OF THE LEVER MECHANISMS WITHOUT TAKING INTO ACCOUNT AND WITH ALLOWANCE FOR FRICTION

Annotation: The technique is considered of force calculation of flat lever mechanisms of the second class based on the use of a PC. The original software is focused on working in the Turbo Paskal environment and allows you to solve the following tasks: to carry out the calculation of the mechanism, which includes several two-link structural groups of all five types, taking into account friction in KP. The considered technique provides reliable control over the correctness of the results obtained, which is especially important for distance learning, and is characterized by good visibility, high accuracy and low labor input. The methodology can be used both in training and in engineering calculations.

Key words: lever mechanism, two-link group, power calculation, technique, software, control, friction.

УДК 621.8

С. М. Зінов'єв (канд. техн. наук, доц.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

І.В. Придятько (ст. викл.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

В. М. Гончарова (асист.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

В.В. Шульженко

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

РІШЕННЯ КОНТАКТНОЇ ЗАДАЧІ ВЗАЄМОДІЇ В СИСТЕМІ РІЗЦЬ-РІЗЦЕТРИМАЧ-МАСИВ

Анотація: В статті представлено комп'ютерне дослідження взаємодії різця ЗР4-80 з різцетримачем в системі різець-різцетримач-масив, в результаті визначені: напруга, деформація і виявлені області найбільш вразливі до зламу. Для геометричного моделювання використана програма Solidworks. Аналіз проводився за допомогою програмного комплексу Solidworks Simulation, що входить в пакет програмного комплексу Solidworks.

Ключові слова: *різець, різцетримач, напруга, деформація, модель, Solidworks Simulation.*

Постановка проблеми. На сьогоднішній день у світовій практиці найбільш поширеним способом видобутку вугілля є механічний спосіб із застосуванням шнекових виконавчих органів очисних комбайнів. У вітчизняній промисловості серед шнеків, оснащених радіальними різцями, найбільшого поширення набули шнеки з різцями ЗР4-80. Даний тип різців добре зарекомендував себе в роботі, експлуатується досить тривалий час і неодноразово модернізувався. Удосконалення форми різця відбувалося на основі аналізу великої кількості зруйнованого інструменту з метою зниження концентрації напруги в тілі різця.

Нові моделі очисних комбайнів мають більшу продуктивність у порівнянні з їх попередниками. З ростом продуктивності зростають і навантаження на ріжучий інструмент. Отже, різці матимуть знижений термін експлуатації і підвищену ймовірність їх передчасного виходу з ладу через поломки.

У зв'язку з цим завдання підвищення міцності і зносостійкості різців, очисних шнекових комбайнів виявляється однією з найважливіших для вугледобувної галузі. Дослідження та рекомендації, спрямовані на вдосконалення різців вугільних комбайнів, можуть сприяти підвищенню їх продуктивності і зменшення енергоспоживання. Удосконалення існуючих і створення нових високопродуктивних машин неможливо без підвищення ефективності та стійкості робочого інструмента. Підвищення продуктивності і підвищені навантаження на різці які виникли слідом за нею, формують нові завдання для дослідження, вимагають вивчення накопичених результатів і відшукування шляхів їх подальшого вдосконалення.

Завдяки використанню сучасних методів моделювання взаємодії різців з вугільним масивом стає можливим вирішувати задачі по обґрунтуванню оптимальних геометричних форм і матеріалів, як безпосередньо ріжучих інструментів, так і корпусів різців в цілому.

Визначення видів і значень напружених станів в тілі різця-складні і об'ємні задачі. З появою пакетів програм автоматизованого проектування з'явилася можливість не тільки створювати віртуальні тривимірні моделі, але і проводити аналіз розподілу напруженого стану за допомогою методів кінцевих елементів.

Аналіз попередніх досліджень. Похибки в розрахунках методом кінцевих елементів, що залежать від користувача програмного забезпечення, обумовлені неточністю апроксимації сітки. При зменшенні розмірів елементів кінцево-елементної сітки похибки повинні бути зведені до гранично малої величини. Залежність кількості елементів в сітці перебуває в кубічній залежності від розмірів елементів, тобто зменшивши розмір елемента в два рази отримаємо восьмикратне збільшення їх кількості і т.ін. Це призводить до значного збільшення необхідного для розрахунків часу, а продуктивності навіть суперкомп'ютерів буде недостатньо щоб домогтися «абсолютної» точності. Однак, існують ситуації, коли ущільнення сітки може привести до падіння точності, наприклад, в околицях внутрішніх кутів. Отже, користувачеві необхідно зробити розумний вибір щільності сітки з урахуванням конкретних геометричних параметрів. [1]

При готовій дискретизації, після розрахунку, необхідно перевірити коректність граничних умов і умов контакту. При необхідності можна скористатися функцією «ручного» ущільнення сітки.

Розстановка і визначення граничних умов деякі автори [1] відносять до мистецтва. Це пояснюється тим що реальні конструкції вкрай рідко «живуть» в ідеальному середовищі з рафінованими законам взаємодіями між компонентами, тобто в таких умовах, для яких досить просто змодельовати навантаження і обмеження. Тому ступінь адекватності при розстановці граничних умов має не менш важливе значення для точності моделювання, ніж функціональність при побудові сітки кінцевих елементів. Достатню функціональність для вирішення завдань механіки має додаток SolidWorks Simulation. Особливістю даної програми є те, що граничні умови можуть задаватися тільки в прив'язці до геометричних об'єктів. Визначення умов у вузлах або на гранях кінцевих елементів неможливо.

При розстановці граничних умов слід врахувати необхідність компенсації уявних впливів. Нерівномірність побудови сітки може привести до накопичення похибки розрахунків і викликати неточності, виражені в уявних зовнішніх впливах. Наприклад, при прикладенні тільки горизонтального навантаження до симетричного елемента різниця реакції з різних сторін від осі або площини симетрії може викликати появу «уявних» навантажень в ортогональних напрямках до вектору прикладання сили.

У статті [2, 3] детально розписаний порядок проведення аналізу токарного різця, для якого проведено статичний і частотний розрахунок. У статті [4] проведено аналіз розподілу зусиль в тілі різців ЗР4-80 вугледобувних комбайнів. Недоліком проведення досліджень, що також відзначають і автори, є розстановка граничних умов. Автори для спрощення дослідження провели моделювання тільки на різці, а місця контактів з різцетримачем зафіксували. Результати наведені в статті розрахунків дають уявлення про розподіл зусиль в тілі різця, але спотворюють розподіл зусиль в місцях контактів.

Мета роботи: Побудувати розрахункову модель різця з різцетримачем і провести за допомогою SolidWorks Simulation аналіз рішення контактної задачі взаємодії в системі різець-різцетримач-масив.

Основний матеріал дослідження. Основна частина потужності приводів, встановлених на комбайнах передається на руйнування вугільного масиву через робочий інструмент. Через те, що одночасний безпосередній вплив на очисний вибій від шнеків здійснюється через невелику кількість різців, останні є високонавантаженими.

У зв'язку з цим задача підвищення міцності, надійності і зносостійкості різців, очисних комбайнів, оснащених шнековими виконавчими органами, є не просто актуальною, а однією з найважливіших для вугільної промисловості.

Завдяки використанню сучасних методів тривимірного твердотілого проектування стає можливим побудувати точну модель різця і методом кінцевих елементів визначити напруги, що виникають в конструкції при конкретних умовах експлуатації очисного комбайна.

Для визначення динамічних властивостей конструкції і вибору раціональної конструкції застосований метод кінцевих елементів (МКЕ), за допомогою якого можна досліджувати об'ємну модель з різномірних матеріалів. Комп'ютерний аналіз проведений комп'ютерним комплексом SolidWork Simulation. Для побудови розрахункової моделі були використані заводські робочі креслення різця ЗР4–80 (рис.1).

Для побудови сітки оптимальної щільності деякі дрібні елементи різця були спрощені, тому побудована геометрична модель не є повною копією оригіналу, а є розрахунковою моделлю (рис.2). Побудована тривимірною модель різцетримача також була спрощена для зручності розрахунків (рис.3). Збірка різця з різцетримачем приведена на рисунку 3б.

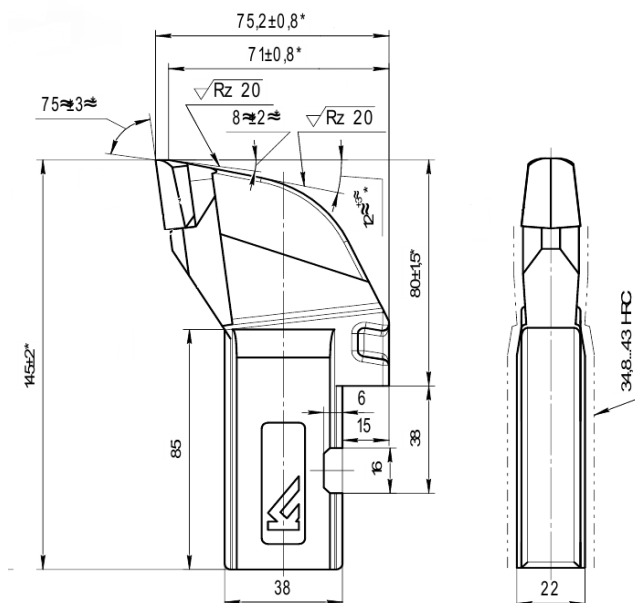


Рисунок 1 – Креслення різця ЗР4–80

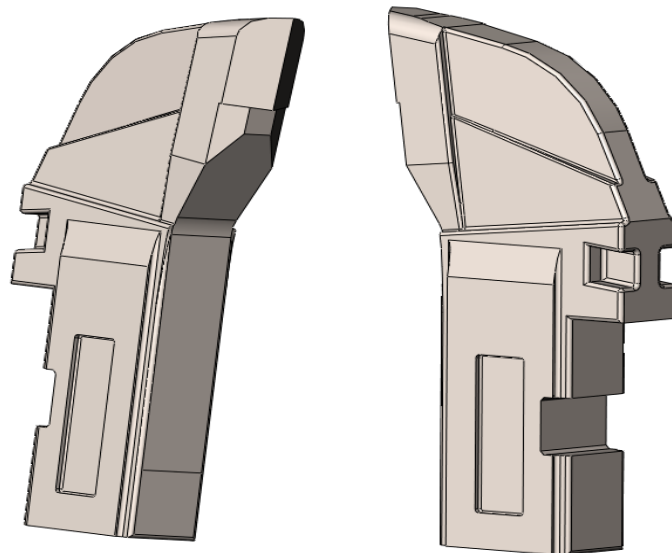


Рисунок 2 – Тривимірна модель різця 3P4–80

Для проведення статичного аналізу прийняте максимальне статичне навантаження на різець, яке може сформувати привід комбайна [3]. Для моделювання бічних зусиль сила різання прикладена перпендикулярно до ребер армування. Очевидно, що моделювання різця, припою і армування різними деталями практично не вплине на результати розподілу напружень, але значно ускладнить розрахункову модель. Тому вважаємо, що 3 елементи в діапазоні зусиль що прикладено до різця поведуться як єдине ціле і тому моделюємо різець однією деталлю (рис 4). В цьому випадку контактні задачі між різцем і армуванням не вирішуються, що дозволяє спростити моделювання сил різання і розподілити її по всі поверхні армування різця.

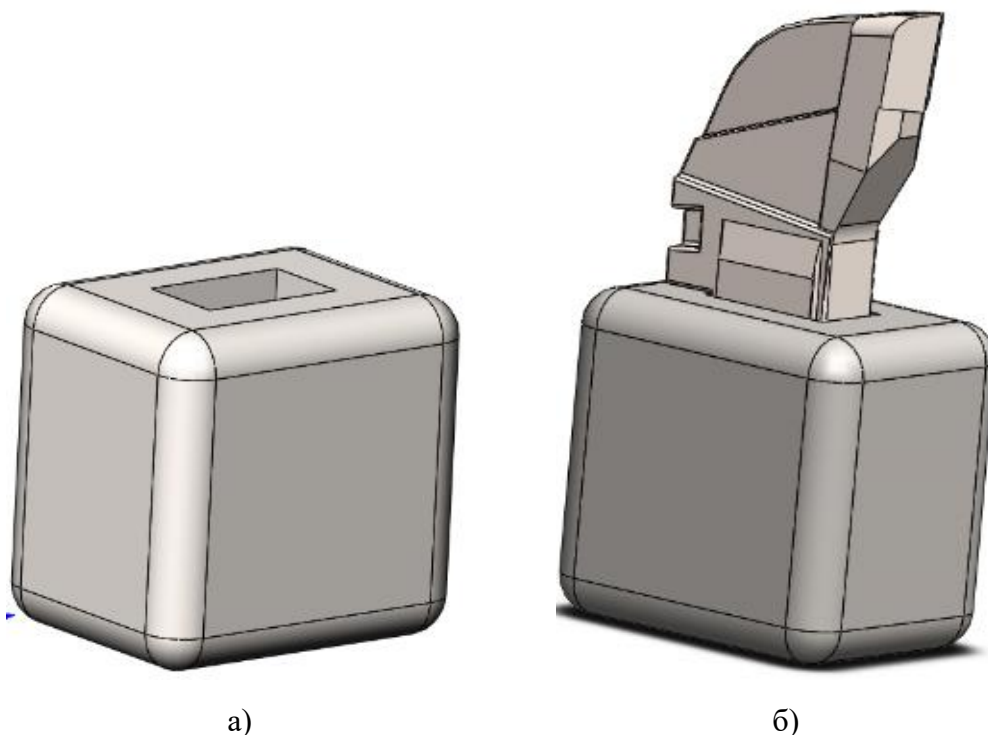


Рисунок 3 – Тривимірна модель: а) різцетримача, б) різця з різцетримачем

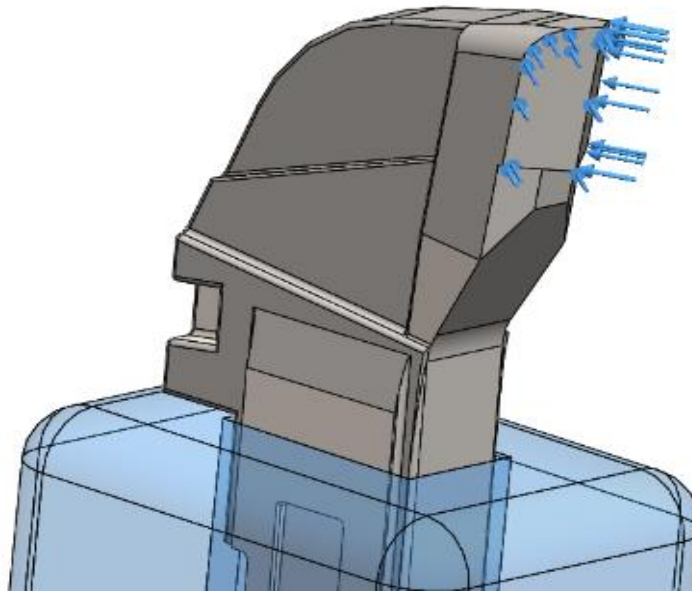


Рисунок 4 – Зовнішнє навантаження на різець

У зв'язку з тим, що нас в більшій мірі в контактній задачі взаємодії різець-різцетримач-масив цікавить розподіл напруженого стану в тілі різця, для спрощення зробимо різцетримач зафіксованим і будемо розглядати далі тільки різець.

Між гранями різця і різцетримача заданий контакт (Набор соприкасания) з коефіцієнтом тертя метала о метал (рис. 5). Це дозволить різцю в різцетримачі розвернутися так, як розгортатимуться різці під навантаженням при різанні масиву. При побудові сітки кінцевих елементів використовуємо рекомендовані розміри елементів [5].

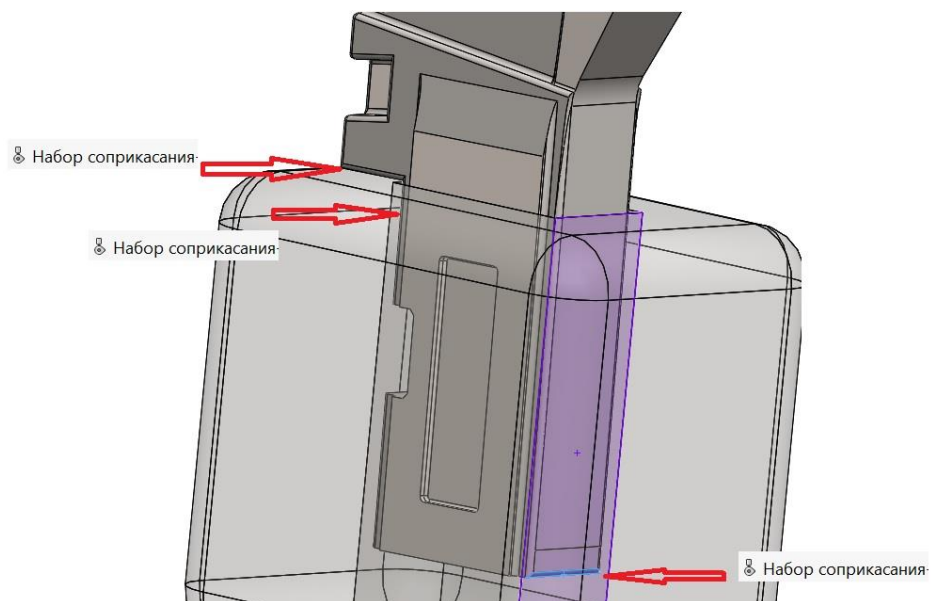


Рисунок 5 – Кріплення різця в трьох точках

При збільшенні розміру елементів програма не може виконати створення сітки, а при зменшенні - результати розрахунку ідентичні. Отже, рекомендовані розміри елементів сітки в додатку SolidWork Simulation обираються коректно (рис 6). Рисунок 6б демонструє результати розрахунку кінцево-елементної моделі різця. Як видно з другої частини рисунка при зазначених раніше умовах межу текучості сталі буде значно перевищено.

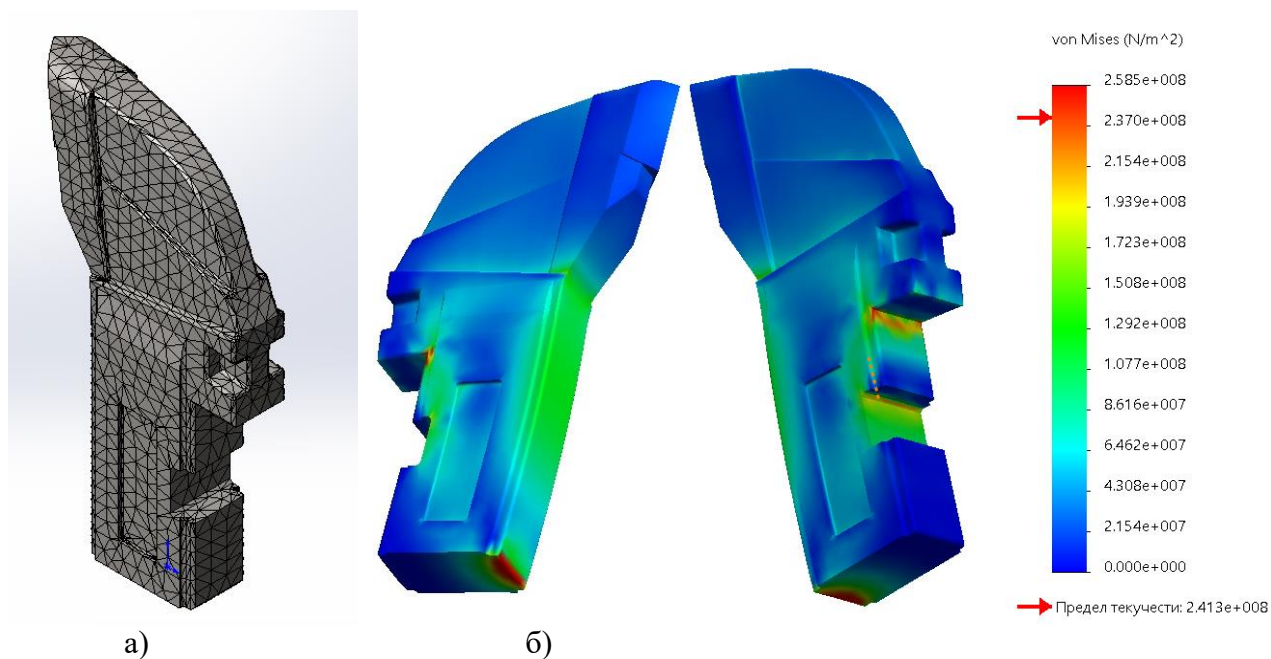


Рисунок 6 – Рішення контактної задачі

а) сітка кінцевих елементів, б) зображення напружень що виникають при навантаженні

Отже, різець в місці максимального навантаження може отримати тріщину, яка розвинеться, і головка різця відколеться.

Висновки. За допомогою пакета програм автоматизованого проектування SolidWorks розроблені моделі різця і різцетримача, розрахована їх взаємодія під навантаженням від різання; виходячи з аналізу отриманих даних визначені місця найбільш вразливі розриву при навантаженні під час роботи очисного комбайна. Нижня передня частина хвостовика має великі навантаження, що відповідає дійсності, так як на всіх робочих (не нових) різцях у вказаному місці наявні остаточні деформування у вигляді невеликого сплюснення. Цілком можливо це допомагає збільшити площу контакту різця з різцетримачем та знизити навантаження нижче межі плинності матеріалу. Отже, необхідно врахувати таку площину контакту при якій навантаження знижується нижче межі плинності матеріалу і при таких умовах розраховувати навантаження в тілі різця.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алямовский А.А. Инженерные расчеты в SolidWork Simulation. М.; ДМК Пресс, 2010. 464 с.
2. Рогов В.А., Шкарупа М.И., Горбани С. Компьютерное исследование с целью выбора рациональной конструкции виброгасящих вставок в державке сборного токарного резца, 2012 г.
3. А.В. Москаленко, магистр, В.Г. Сынков, д-р техн. наук, проф., С.Н. Зиновьев, канд. техн. наук, доц. Исследование напряженно-деформированного состояния резца зр4-80, 2014 г.
4. Алямовский А.А. SolidWorks/COSMOSWorks 2006-2007. Инженерный анализ методом конечных элементов. – М.: ДМК, 2007. – 784 с.
5. Алямовский А.А. SolidWorksSimulation Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 562 с.

С. Н. Зиновьев (канд. техн. наук, доц.),

Индустриальный институт ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

И. В. Придатыко (ст. преп.),

Индустриальный институт ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

В. М. Гончарова (асс.),

Индустриальный институт ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

В.В. Шульженко

Индустриальный институт ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

РЕШЕНИЕ КОНТАКТНОЙ ЗАДАЧИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ РЕЗЦА–РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЯ–МАССИВА

Аннотация: в данной статье представлено компьютерное исследование резца 3P4–80 с резцедержателем в упрощенном виде, в результате которых определены: напряжение, деформация и выявлены области наиболее уязвимые к излому. Для геометрического моделирования использована программа Solidworks. Анализ производился при помощи программного комплекса Solidworks Simulation, входящего в пакет программного комплекса Solidworks

Ключевые слова: *резец, резцедержатель, напряжение, деформация, модель, Solidwork Simulation.*

S. Zinoviev (Ph.D., Associate Professor),

Industrial Institute of Donetsk National Technical University

I. Pridatko (Senior Teacher),

Industrial Institute of Donetsk National Technical University

V. Goncharova (assistant),

Industrial Institute of Donetsk National Technical University

V. Shulzhenko

Industrial Institute of Donetsk National Technical University

THE SOLUTION OF THE CONTACT PROBLEM OF INTERACTION IN THE SYSTEM OF THE CUTTER- TOOLHOLDER-MASSIVE

Annotation: *This article presents computer research of the cutter 3P4–80 with tool holder in a simplified form, the result of which are defined: strain, deformation and identified areas of the most vulnerable to kink. For geometric modeling, the Solidworks program was used. The analysis was performed using the Solidworks Simulation software package, which is included in the package software package Solidworks.*

Key words: *cutter, tool holder, tension, deformation, model, Solidworks Simulation.*

С.М. Зінов'єв (канд. техн. наук, доцент)

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

М.В. Чашко (канд. техн. наук, с. н. с.)

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Є.В. Близнюк (магістрант)

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

І.А. Козій (магістрант)

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ ПОВІТРЯНИХ ПОТОКІВ В ОКОЛИЦЯХ ПОВЕРХНЕВОГО КОМПЛЕКСУ ШАХТИ

Анотація: В роботі запропонований метод визначення сприятливих місць установки вітрових електрогенераторів в околиці поверхневого комплексу шахти.

Ключові слова: вітряні електростанції, вітряки, SolidWorks, 3D модель, електроенергія.

Постановка проблеми. З кожним роком ціни на електроенергію ростуть, і все популярнішим стає нетрадиційні способи отримання енергії. Одним з них є вітрові електростанції. Енергія вітру, дешева і поновлювана. У вітряної енергії є свої особливості, які ми і розглянемо в цій статті.

Аналіз попередніх досліджень. У стародавньому місті Вавилон в третьому тисячолітті до нашої ери вже користувалися енергією вітру. Розквіт економіки цього регіону припало на 6-му столітті до нашої ери, і саме на цю епоху припадає найбільша кількість технічних відкриттів. Тоді було створено перший пристрій, яке дозволяло осушувати болотисті місцевості. У стародавньому Єгипті за допомогою вітру були створені перші вітряки для виробництва борошна із зерна. У Китаї пішли ще далі, там в цей же час велася відкачка води з рисових полів механізованим способом. І обертали лопаті цих пристроїв саме вітряні потоки. Європа в цьому відношенні не була в перших рядах, вітряні технології дійшли сюди тільки в 12-му столітті нашої ери.

Але всі ці три тисячі років були тільки підготовкою до істотного ривка технічного прогресу, який стався в 20-м столітті. Людство придумало, яким чином не просто змушувати вітер обертати будь-які лопаті, а як виробляти електроенергію, щоб забезпечувати роботу самих різних машин. Таке відкриття стало по-справжньому прогресивним, воно перевернуло всю історію використання вітру. На даний момент на Землі працюють електростанції, які є представниками далеко не першого покоління. Сучасні, технологічні, економічні станції прикрашають численні райони нашої планети, сприяючи поліпшенню екології та здоров'я людей.

Мета даної роботи: встановити вітряні електростанції на околишніх територіях ШУ «Покровське».

Виклад основного матеріалу. Донецька область географічно розташувалася на Донецькому кряжі і знаходиться на височині, тому вітру тут сильніші, ніж на інших територіях України. Розглянемо використання вітряних електростанцій на підприємство на прикладі ШУ «Покровське». Дана шахта розташувалася 48 ° 16'55 "пн.ш.; 37 ° 10'33 "сх.д.; 199 м. над рівнем моря, і знаходиться за населеними пунктами, що на руку для вітрової енергетики: вільні території для розташування вітряків недосяжність шуму до житлових будинків.

Переваги вітряних електростанцій. Встановити вітряну електростанцію де завгодно не вийде. Для цієї мети підходять тільки ті райони, де спостерігаються постійні сильні вітри. Але і тут є свої нормативи. Якщо в місцевості переважно дме вітер зі швидкістю від 4,5 м / с,

то будівництво вітряної станції буде ефективним. Причому, таку електростанцію можна будувати як окремо стоїть, так і кілька станцій, об'єднаних в систему, тобто каскад станцій. Такі мережі станцій називають вітряними фермами, в цьому випадку кілька вітряків працюють на один енергоблок. Таким чином досягається максимальний енергетичний ефект при істотній економії на будівництві та оснащенні.

На даний момент найбільша кількість вітряної енергії виробляють в Сполучених Штатах. Якщо ж говорити про Європу, то лідерами в цій сфері є Данія, Нідерланди, Німеччина і Великобританія. Причому, в Німеччині працює найпотужніша електростанція, яка в електроенергію перетворює силу вітру. Вона виробляє щорічно до 7 мільйонів кВт / годин енергії. Вітряна ферма Aeolus II поставляє електроенергію в 2 тисячі будинків. Якщо врахувати, що на планеті на сьогоднішній день працює понад 20 тисяч вітряних ферм, то можна уявити, скільки електрики виробляється за допомогою звичайного природного явища - вітру. Таке значне поширення галузь отримала завдяки масі переваг. Є й недоліки, але вони легко усуваються, а ось плюси працюють довго і ефективно. Отже, вітряні електростанції цінуються людством з кількох причин.

Вартість експлуатації вітрові електростанції дуже низька. Для її успішної роботи не потрібен численний персонал, не потрібно його навчання. Купівля та регулярна заміна дорогих блоків також не потрібно.

Одного разу правильно вибране місце розташування для електростанції гарантує кілька десятиліть безперебійної та якісної роботи, отримання належного обсягу енергії. Точність вибору місця вимагає величезної уваги: детальний і ретельний аналіз забезпечить надалі і екологічність процесу і його фінансову вигоду для власника.

Електростанція, що працює за допомогою вітру, це практично абсолютно чистий об'єкт в плані екології. Чистота навколишнього середовища виражається і в системі роботи, і в процесі передачі енергії, і в її використанні. Крім того, вітряна станція не може зашкодити довкіллю навіть в разі її руйнування, що не можна сказати про гідроелектростанції або про станції атомної. Вітряна електростанція не виробляє викидів в навколишнє середовище, вона не змінює ландшафт, чи не порушує природну екосистему. Ніяких шкідливих впливів ні на територію, ні на озонову оболонку Землі немає.

Паливо або джерело енергії у вітряну станцію - поновлюване. Це вітер, який не потрібно де-небудь добувати і транспортувати на місце розташування станції. Тому фінансовий ефект від роботи вітряків максимальний. Транспортувати електричну енергію доводиться тільки до джерела споживання. Практика показує, що споживач практично завжди знаходиться поряд, тому не доводиться витрачати великі гроші на будівництво комунікацій. Крім того, не відбувається втрат енергії під час транспортування, а вони іноді приносять дуже серйозні збитки компанії-власнику.

Поблизу від вітряної електростанції не треба вибудовувати «мертву» зону, як близько інших станцій. Всі землі можна використовувати в сільськогосподарських цілях, адже вітряки ніяк не шкодять навколишньому середовищу.

Витрати на отримання вітряної енергії хоч і мінімальні, але все ж існують. Перевага цих витрат - їх стабільність. А ось вартість енергії для продажу стає дедалі більше. Отже, розмір чистого прибутку власників вітряних станцій постійно зростає. Причому конкурентоспроможність на ринку енергії вітряної ресурс має дуже високу. Вартість енергії в рази дешевше, ніж та, яка отримана на ГЕС, АЕС.

Недоліки вітряних електростанцій. Недоліків трохи, але противники будівництва вітряків їх активно мусують в пресі. Але всі ці недоліки швидше за все являють собою труднощі при веденні цього бізнесу, які можна мінімізувати.

Високий вхідний бар'єр в бізнес. Для того, щоб почати отримувати вітрову енергію, треба побудувати вітряну ферму. Мають бути витрати на високоточні розрахунки для визначення місцевості споруди, також треба буде вкласти гроші в покупку устаткування і його монтаж на обраній території. Саме вартість вітряної електростанції, вартість обладнання є основною рядком витрат, але тут можна скористатися послугами інвесторів, банківським кредитуванням тощо.

Досить істотний недолік вітряної станції - неможливість точного прогнозу, скільки електроенергії буде отримано в певний відрізок часу. Передбачити, наскільки сильним буде вітер, і чи буде він дути взагалі, неможливо. Тому при веденні даного виду бізнесу існують суттєві ризики. Але мінімізувати їх можна, якщо ретельно вивірити координати розташування станції на стадії її планування. Такий аналіз ґрунтується на багаторічних показаннях швидкості вітру.

Багато противників вітряних станцій стверджують, що лопаті видають сильний шум, який негативно впливає на навколишнє середовище. Але сучасні технології дозволили виміряти рівень шуму і вивчити його вплив. Виявилося, гучний звук від роботи лопатей дійсно присутня, але вже на відстані 30 метрів від джерела він чути тільки на рівні фону. До відома: фон - це рівень шуму природного навколишнього середовища.

Захисники птахів виступають активно проти будівництва вітряних станцій. В цьому випадку аргументи також легко розбиваються об аналіз шкоди, що завдається іншими техногенними об'єктами птахам. Підрахунок показав, що кількість птахів, що потрапляють під лопаті вітряків, нічим не відрізняється від числа пернатих, які гинуть в інших місцях, наприклад, на високовольтних лініях передач.

Ще одна вельми сумнівна гіпотеза супротивників вітряної енергії - спотворення телевізійного сигналу поблизу від ферми. У сучасному світі все більшої популярності набуває супутникове ТБ, цифрове ТБ, ефірного телебачення залишається все менше і менше, тому прийому сигналу в квартирах і будинках ніщо перешкодити не може.

Досягнення вітряного напрямку в енергетиці. Вітроенергетика в світі отримала в останні роки значний розвиток. Показовими результати вітряної енергетики в Шотландії. Тут вітряками виробляється електроенергії на 25% більше, ніж споживають всі житлові об'єкти країни, а це більше третини всього енергоспоживання. І найцікавіше, що уряд Шотландії поставило задачу - до 2020 року всі потреби в електриці задовольняти за рахунок роботи вітряних електростанцій. І шотландці готові на це витратити майже 46 мільярдів фунтів стерлінгів. Взята стратегія на закриття атомних станцій і на розвиток сонячних і вітряних електростанцій.

Нещодавно в Канаді встановили ювілейну вітряну станцію. Порядковий номер цього об'єкта - 1500! Півмільйона житлових будинків можна постачати електроенергією вітряних станцій. Причому перша вітряна турбіна в цій країні була встановлена лише 10 років тому. І якщо на даний момент частка вітрової енергетики займає 3% в економіці Канади, то до 2025 року планується збільшити цей обсяг до 20%.

Іспанська острів Ель Херро давно заявив про свою енергетичну незалежність. Вітро-приливна електростанція виробляє більше 20% всієї електрики. Стільки ж дає атомна енергетика, трохи менше - ТЕЦ і ГЕС. Сонячні батареї виробляють близько 5% електрики, споживаного на острові.

На Ямаїці побудована гібридна станція, яка одночасно працює і на енергії вітру і на сонячній енергії. Її потужність - понад 110 кВт / год на рік. Власник електростанції - виробник обладнання для таких станцій. Власник стверджує, що окупається досить дороге обладнання за 4 роки, а потім за 25 років експлуатації станція дасть економію 2 мільйони доларів.

У даній статті я хочу провести розрахунки по території ШУ «Покровське» для того щоб в подальшому впровадити вітряні електростанції на цю шахту.

На найближчих територіях немає ні кряжів ні глибоких западин, які сильно б впливали на завихрення вітру. На південному сході від шахти знаходиться терикон, висота якого не перевищує 20 метрів. [3]



Рисунок 1 – Зображення терикона на карті зі спутника[2]

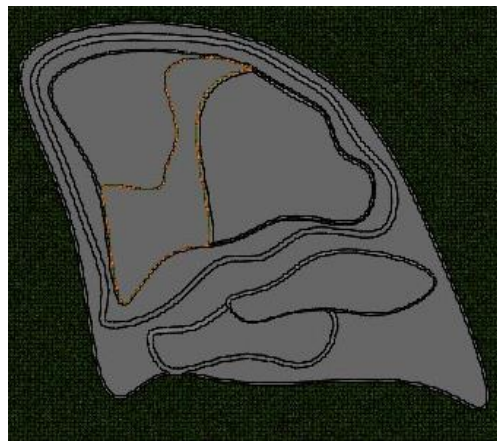


Рисунок 2 – Спрощена модель терикона в SolidWorks

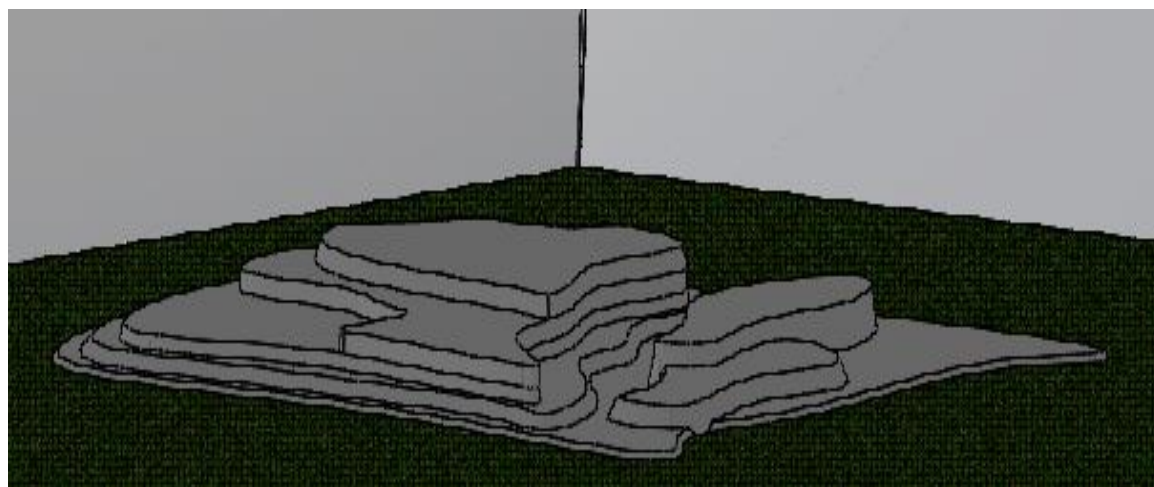


Рисунок 3 – Тривимірна модель терикона

Максимальна сила вітру на території не перевищує 4м/с, а мінімальна близько 2м/с. [5]

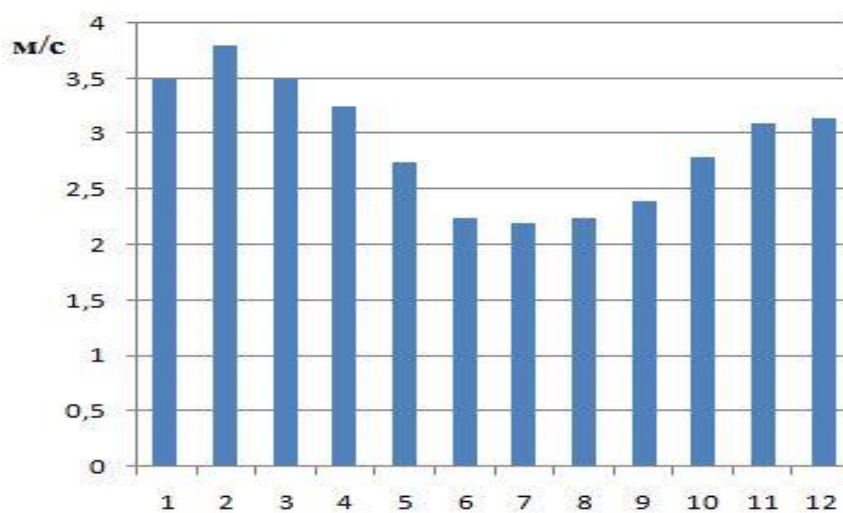


Рисунок 4 – Середні швидкості вітру по місяцям[4]

Вітер в основному східний і північно-східний.

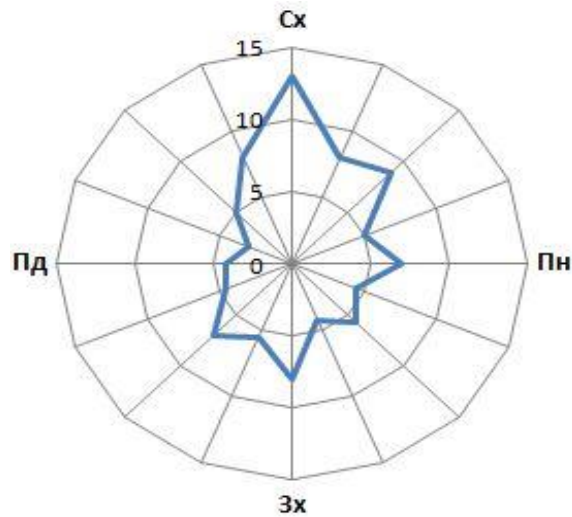


Рисунок 5 - Повторюваності напрямку вітру по румбам в% [4]

Решта географічні викривлення території це балки і невисокі пагорби.



Рисунок 6 – Зображення ШУ «Покровске» на карті зі спутника[2]



Рисунок 7 – Зображення основних будівель ШУ «Покровске» в SolidWork

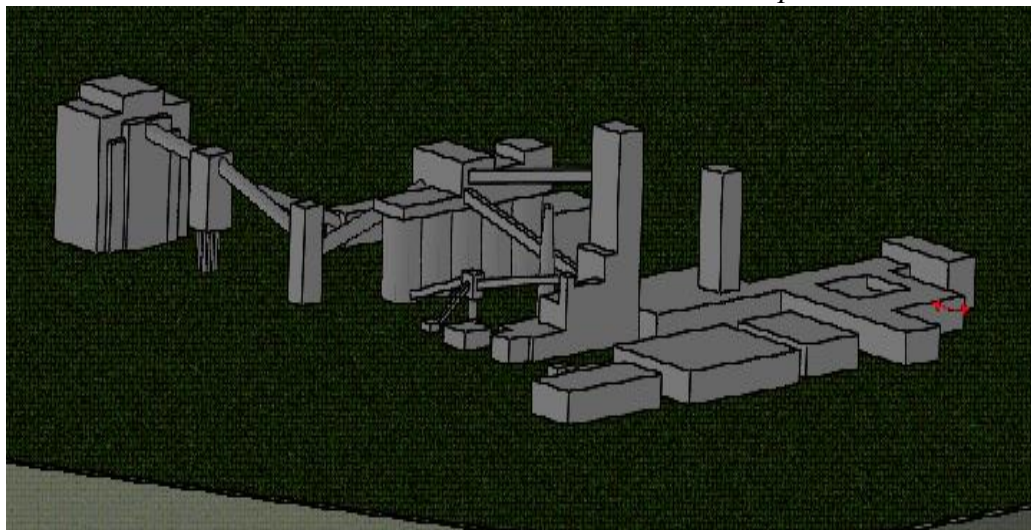


Рисунок 8 – Тривимірна модель поверхнісного комплексу ШУ «Покровске»

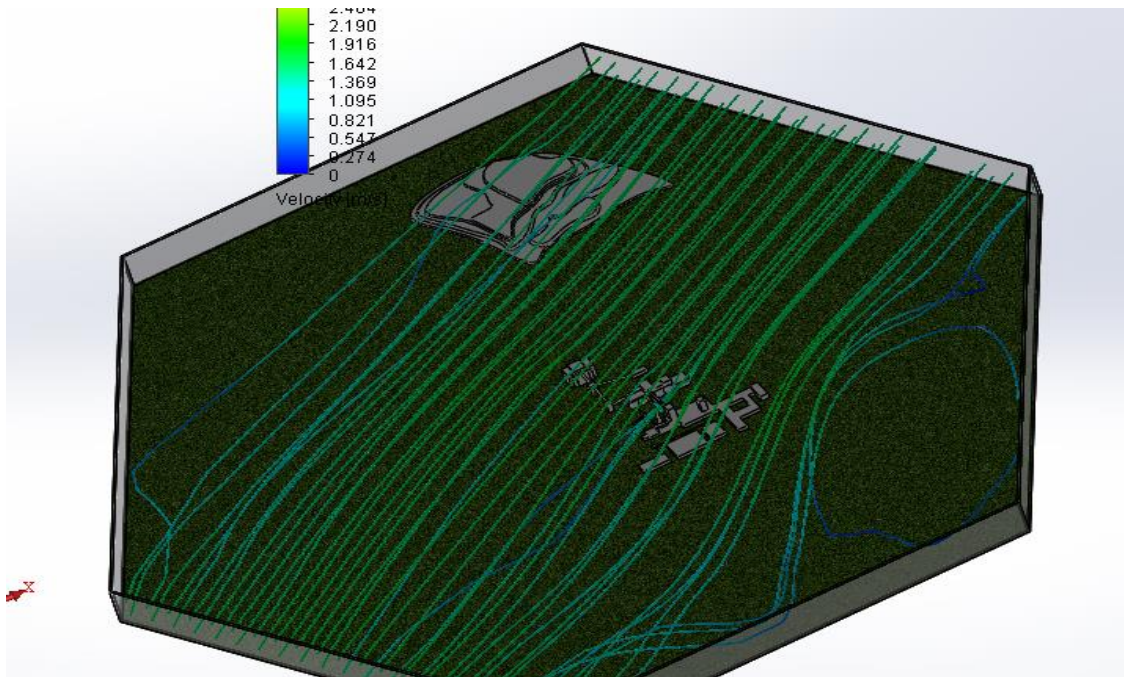


Рисунок 9 – Симуляція потоків вітру на території ШУ «Покровське» з допомогою SOLIDWORKS FloXpress

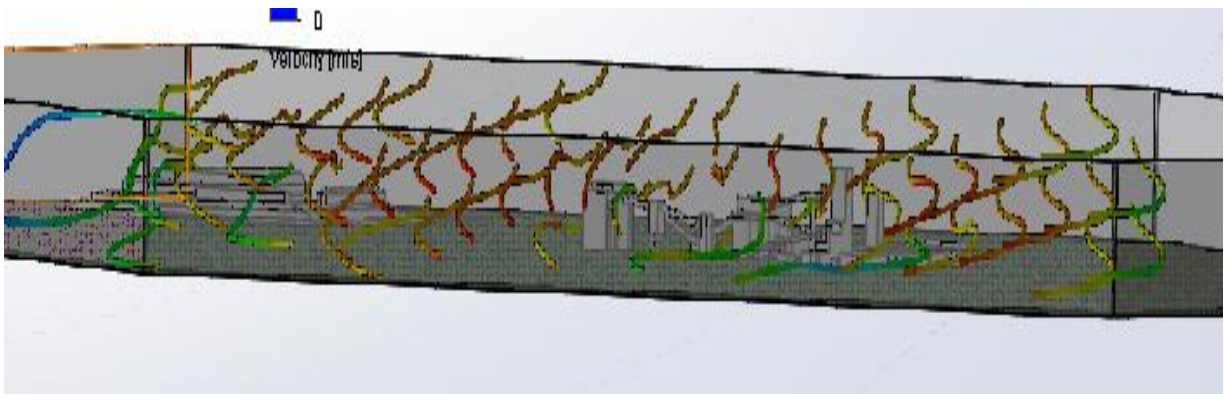


Рисунок 10 – Потіки повітря в SOLIDWORKS FloXpress

Для більш докладних розрахунків і більш докладної симуляції потрібно використовувати SolidWorks Simulation, а не SOLIDWORKS FloXpress.

Висновки. Найбільш сприятливими місцями для установки вітряних електростанцій є територія між ШУ «Покровське» і териконом, адже через «підтискання» повітряних потоків швидкість вітру в даному місці буде збільшуватися. А також раціональним є розташування вітряків на дахах будівель самої шахти.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алямовский А. А. Solidworks simulation. Как решать практические задачи. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 448с.
2. [Електронний ресурс]
<https://yandex.ua/maps/?source=wizgeo&l=sat%2Cskl&ll=36.991158%2C48.260237&z=16>
3. [Електронний ресурс] <http://altenergiya.ru/veter/energiya-vetra-plusy-i-minusy.html>
4. [Електронний ресурс] <http://ecost.lviv.ua/ru/grafic/doneck.html>
5. [Електронний ресурс] <http://energywind.ru/recomendacii/skorost-vetra-v-ukraine-i-crimea/Skorost-vetra-Donetskaya-oblast>

С.Н. Зиновьев (канд. техн. наук, доцент)

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

М.В. Чашко (канд. техн. наук, с. н. с.)

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Е.В. Близнюк (магистрант)

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

И.А. Козий (магистрант)

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ОКРЕСНОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО КОМПЛЕКСА ШАХТЫ

Аннотация: В работе предложен метод определения благоприятных мест установки ветровых электрогенераторов в окрестности поверхностного комплекса шахты.

Ключевые слова: ветряные электростанции, ветряные мельницы, SolidWorks, 3D модель, электроэнергия.

S. Zinoviev (Ph.D. Associate)

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

M. Chashko (Ph.D. Associate)

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

E. Bliznuk (Undergraduate)

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

I. Koziy (Undergraduate)

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

FLOW MODELING AIRFLOW IN THE VICINITY OF SURFACE COMPLEXES MINE

Annotation: The paper presents a method for determining favorable places installation of wind generators in the vicinity of the surface mine complex.

Keywords: wind power, windmills, SolidWorks, 3D model electricity.

УДК 517.9

О. Ю. Колларов (канд. техн. наук, доц.)

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

М. В. Зіненко,

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕОРІЙ БАГАТОВИМІРНИХ СИСТЕМ ОРТОГОНАЛЬНИХ ФУНКЦІЙ

Анотація: Математичне моделювання процесів та явищ має велике значення для їх дослідження. Одним з підходів у моделюванні є використання ортогональних функцій. У даній роботі проведено аналіз існуючих теорій багатовимірних систем таких функцій, що дозволить використовувати їх у подальшій науковій діяльності.

Ключові слова: Ортогональні, нормовані, інтеграл, багатовимірна система функцій, інтервал, повні системи, унітарні.

Постановка проблеми. Розкладання функцій в ортогональні ряди, наприклад, ряд Фур'є, має велике значення для вивчення різноманітних фізичних явищ, моделювання та

дослідження технічних систем та процесів. Вирішення цієї задачі в лінійному просторі давно відоме, що ж до багатовимірних систем – вони не так добре опрацьовані та залишають широке поле для наукової діяльності. В той же час складність деяких процесів вимагають використання саме багатовимірних систем функцій для повноцінного опису та дослідження. Тому дана тема є актуальною як з математичної, так і технічної точки зору.

Аналіз попередніх досліджень. Вивчення ортогональних систем функцій призвело до отримання рішень Штурма-Ліувілля для рівнянь з деякими граничними умовами; Бессель отримав основну нерівність, що справедлива для будь-якої ортонормованої системи. Важливим кроком було відкриття П. Л. Чебишевим ортогональних багаточленів, які дозволили розглядати і багатовимірні системи. До більш пізніх досліджень можна віднести, наприклад, роботу Б. Т. Федосова.

Мета статті. Проаналізувати існуючий матеріал щодо вирішення задачі побудови багатовимірних систем ортогональних функцій.

Викладення основного матеріалу дослідження. Розглянемо функції від двох змінних. Будемо розглядати функції на прямокутнику з вершинами (a, c) , (a, d) , (b, c) та (b, d) (рис. 1), який буде позначатися як $[a, b] \times [c, d]$.

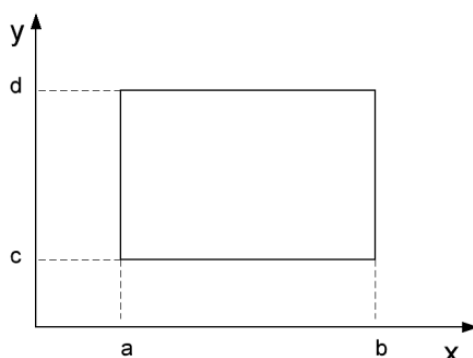


Рисунок 1

Визначення. Нормою функції φ на прямокутнику $[a, b] \times [c, d]$ називається квадратний корінь з інтеграла

$$\sqrt{\int_a^b \int_c^d \varphi^2(x, y) dx dy} \quad (1.1)$$

Функція, норма якої дорівнює одиниці, називається нормованою.

Функції φ_1 та φ_2 називають ортогональними на прямокутнику $[a, b] \times [c, d]$, якщо

$$\int_a^b \int_c^d \varphi_1(x, y) \cdot \varphi_2(x, y) dx dy = 0 \quad (1.2)$$

Система функцій називається ортогональною на прямокутнику, якщо будь-які дві функції з неї ортогональні на ньому.

Система функцій називається нормованою, якщо нормована кожна функція.

Система функцій називається ортонормованою, якщо вона є ортогональною та нормованою одночасно.

Природна схема побудови ортонормальних систем функцій від двох змінних на прямокутниках виникає з наступної теореми.

Теорема. Нехай

$$\varphi_0(x), \varphi_1(x), \varphi_2(x), \dots, \quad (1.3)$$

$$\psi_0(y), \psi_1(y), \psi_2(y), \dots \quad (1.4)$$

- ортонормальні системи функцій відповідно від змінної x на сегменті $[a, b]$ та від змінної y на сегменті $[c, d]$.

Тоді система функцій від двох змінних що складається з добутку $\varphi_m(x)\psi_n(y)$ кожної з функцій (1.4), є ортонормальна система функцій на прямокутнику $[a, b] \times [c, d]$.

Доведення. Ми маємо для будь-яких $m=0, 1, 2, \dots$ та $n=0, 1, 2, \dots$ виходячи з нормованості кожної з систем (1.3) та (1.4)

$$\begin{aligned} \int_a^b \int_c^d (\varphi_m(x) \cdot \psi_n(y))^2 dx dy &= \int_a^b \int_c^d \varphi_m^2(x) \cdot \psi_n^2(y) dx dy = \\ &= \int_a^b \varphi_m^2(x) dx \cdot \int_c^d \psi_n^2(y) dy = 1 \end{aligned} \quad (1.5)$$

Розглянемо тепер інтеграл

$$\begin{aligned} \int_a^b \int_c^d (\varphi_m(x) \cdot \psi_n(y))(\varphi_k(x) \psi_l(y)) dx dy &= \\ &= \int_a^b \varphi_m(x) \cdot \varphi_k(x) dx \cdot \int_c^d \psi_n(y) \cdot \psi_l(y) dy \end{aligned} \quad (1.6)$$

Якщо $m \neq k$ або $n \neq l$, то хоча б один з інтегралів, що стоять праворуч в (1.6), виходячи з ортогональності систем (1.3) та (1.4) обертається в нуль. Це означає, що різні (тобто відмінні хоча б за одним з множників) добутки функцій з (1.3) ортогональні між собою.

Ортонормованість розглянутої системи функцій двох змінних встановлена.

Приклад. Візьмемо в якості системи (1.3) ортонормовану на $[-\pi, \pi]$ систему тригонометричних функцій від змінної x :

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}}, \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cos x, \frac{1}{\sqrt{\pi}} \sin x, \dots, \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cos mx, \frac{1}{\sqrt{\pi}} \sin mx, \dots, \quad (1.7)$$

а в якості системи (1.4) – таку ж саму систему функцій від змінної y :

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}}, \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cos y, \frac{1}{\sqrt{\pi}} \sin y, \dots, \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cos my, \frac{1}{\sqrt{\pi}} \sin my, \dots \quad (1.8)$$

Тоді за доведенням система функцій, яку можна представити у вигляді необмеженої прямокутної таблиці:

$$\begin{aligned} &\frac{1}{\sqrt{2\pi}}, \quad \frac{1}{\pi\sqrt{2}} \cos x, \quad \frac{1}{\pi\sqrt{2}} \sin x, \quad \frac{1}{\pi\sqrt{2}} \cos 2x, \dots \\ &\frac{1}{\pi\sqrt{2}} \cos y, \quad \frac{1}{\pi} \cos x \cos y, \quad \frac{1}{\pi} \sin x \cos y, \quad \frac{1}{\pi\sqrt{2}} \cos 2x \cos y, \dots \\ &\frac{1}{\pi\sqrt{2}} \sin y, \quad \frac{1}{\pi} \cos x \sin y, \quad \frac{1}{\pi} \sin x \sin y, \quad \frac{1}{\pi\sqrt{2}} \cos 2x \sin y, \dots \\ &\dots\dots\dots \end{aligned} \quad (1.9)$$

є ортонормованою системою на прямокутнику $[-\pi, \pi] \times [-\pi, \pi]$. Вона називається ортонормованою системою тригонометричних функцій від двох змінних.

Розглянемо тепер розташовану у вигляді необмеженої прямокутної таблиці ортогональну на прямокутнику $[a, b] \times [c, d]$ систему функцій:

$$\begin{aligned} &\varphi_{00}(x, y), \quad \varphi_{01}(x, y), \quad \varphi_{02}(x, y), \quad \dots \\ &\varphi_{10}(x, y), \quad \varphi_{11}(x, y), \quad \varphi_{12}(x, y), \quad \dots \\ &\dots\dots\dots \\ &\varphi_{m0}(x, y), \quad \varphi_{m1}(x, y), \quad \varphi_{m2}(x, y), \quad \dots \\ &\dots\dots\dots \end{aligned} \quad (1.10)$$

Нехай нам дана функція $f(x, y)$. Знайдемо всі інтеграли

$$\int_a^b \int_c^d \varphi_{mn}(x, y) f(x, y) dx dy = c_{mn} \quad (1.11)$$

і складемо подвійний ряд

$$\sum_{m,n} c_{mn} \varphi_{mn}(x, y). \quad (1.12)$$

Визначення. Подвійний ряд (1.12) називається подвійним (або кратним) рядом Фур'є функції (1.10). Коефіцієнти цього ряду, що розраховуються за формулою (1.11), називаються коефіцієнтами Фур'є функції f по системі (1.10).

В якості ортонормальної системи (1.10) при розкладенні функції у подвійний ряд Фур'є можна використовувати різні функції. Наприклад, можна взяти і ортонормальну систему тригонометричних функцій (1.9). Отриманий при цьому подвійний ряд Фур'є називається тригонометричним подвійним рядом Фур'є.

Питання про сходження функції подвійного ряду Фур'є функції f до цієї функції є доволі складним. Його вирішення нагадує вирішення питання про сходження простого ряду Фур'є.

Деякі достатні умови сходження ряду Фур'є в точці (x, y) до значення функції f у цій точці:

$$1) \text{ Усюди існують та обмежені перші часті похідні } \frac{\partial f}{\partial x} \text{ та } \frac{\partial f}{\partial y}.$$

$$2) \text{ В деякій околиці точки } (x, y) \text{ існує друга змішана похідна } \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \text{ (або } \frac{\partial^2 f}{\partial y \partial x}),$$

неперервна в цій точці.

Велика кількість формальних властивостей простих рядів Фур'є зберігаються при відповідних переформулюваннях і для подвійних рядів Фур'є.

Так, можна «зсувати» прямокутник розкладення функції вздовж усієї осі координат, а також змінювати довжину його сторін.

Якщо розкладена функція f виявилася парною по осі x при будь-якому значенні y , то її подвійному ряду Фур'є коефіцієнти при функціях

$$\sin mx, \sin mx \cos ny, \sin mx \sin ny, \quad m, n = 0, 1, 2, \dots,$$

обертаються в нуль.

Подібні твердження мають місце і при непарності функції f за змінною x при будь-якому значенні y , а також при її парності чи непарності по y при будь-якому значенні x .

Ортонормовані системи функцій багато в чому аналогічні ортогональним системам нормованих векторів в n -вимірному просторі; компоненти $c_\nu = (f \varphi_\nu)$ функції f можна розглядати як прямокутні координати функції f в системі координат, визначеною за допомогою «координатних функцій» $\varphi_1, \varphi_2, \dots$ у просторі нескінченно великого числа вимірів.

Якщо $\varphi_1, \varphi_2, \dots$ - інша ортогональна нормована система, в якій компонентами функції f є $d_\nu = (f \varphi_\nu)$, і якщо обидві системи повні, то використання умови повноти (1.25) до функції f та функціям φ_1 по відношенню до системи $\varphi_1, \varphi_2, \dots$, безпосередньо дає нескінченну систему рівностей:

$$c_i = \sum_{k=1}^{\infty} a_{ik} d_k, \quad a_{ik} = (\varphi_i \phi_k) \quad (i = 1, 2, \dots). \quad (1.13)$$

Відповідним чином отримуємо зворотну систему рівностей:

$$d_i = \sum_{k=1}^{\infty} a_{ik} c_k, \quad a_{ik} = (\phi_i \varphi_k) \quad (i = 1, 2, \dots). \quad (1.14)$$

Коефіцієнти задовольняють умовам:

$$\sum_{k=1}^{\infty} a_{ik} a_{jk} = (\varphi_i \varphi_j) = \begin{cases} 0 & \text{при } i \neq j \\ 1 & \text{при } i = j \end{cases} \quad (1.15)$$

$$\sum_{k=1}^{\infty} a_{ki} a_{kj} = (\phi_i, \phi_j) = \begin{cases} 0 & \text{при } j \neq i \\ 1 & \text{при } j = i \end{cases} \quad (1.16)$$

що представляють собою узагальнену умову ортогональності у просторі n вимірів. Тому перетворення (1.13), що задовольняє умови (1.15) та (1.16), називають ортогональним перетворенням нескінченно великого числа змінних.

Аналогічно встановлюється зв'язок між коефіцієнтами двох комплексних ортогональних систем за допомогою унітарного перетворення нескінченно великого числа змінних.

Теорема. Якщо відомі повні системи функцій від однієї змінної, то можна побудувати повні системи функцій і від двох і більшого числа змінних, якщо система функцій

$$\varphi_1(s), \varphi_2(s), \dots \quad (1.17)$$

представляє собою повну ортонормовану систему функцій в інтервалі $a \leq s \leq b$, $c \leq t \leq d$. Наприклад, система функцій $\varphi_i(s)\varphi_h(t)$ є ортогональною та повною системою в області квадрата $a \leq s \leq b$, $c \leq t \leq d$.

Якщо $f(s, t)$ є неперервною функцією від s та t в цьому прямокутнику, то маємо умову повноти:

$$\iint f^2(s, t) ds dt = \sum_{i,k} \left[\iint f(s, t) \omega_{ik}(s, t) ds dt \right]^2. \quad (1.18)$$

Доведення. Для доведення виходимо з відношення:

$$\int f^2(s, t) ds = \sum_{i=1}^{\infty} g_i^2(t), \quad (1.19)$$

де $g_i(t) = \int f(s, t) \varphi_i(s) ds$, що виражає повноту системи функцій φ_i . Оскільки ряд у правій частині сходиться рівномірно, то ми маємо право почленно інтегрувати по t :

$$\iint f^2(s, t) ds dt = \sum_{i=1}^{\infty} \int g_i^2(t) dt. \quad (1.20)$$

До i -того члена в правій частині застосовуємо умову повноти по відношенню до системи функцій $\phi_{ki}(t)$, ($k = 1, 2, \dots$) та безпосередньо отримуємо шукане співвідношення.

Висновки. Провівши аналіз існуючих теорій багатовимірних систем ортогональних функцій було визначено, що побудова подібних функцій можлива, але лише за умови ортонормованості та повноти системи функцій на деякому інтервалі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

13. Воробьев Н.Н. Теория рядов. Издание четвертое, исправленное и дополненное / Н.Н. Воробьев – М.: Наука, 1979. – 408 с.
14. Ильин В.А. Математический анализ. Продолжение курса / Ильин В.А., Садовничий В.А., Сендов Бл.Х. – Издательство Московского университета, 1987. – 357 с.
15. Курант Р. Методы математической физики. Т. 1 / Р. Курант, Д. Гильберт; перевод со второго немецкого издания Э. Либин, Б. Лившиц, Ю. Рабинович. – М.: ГТТИ, 1933. – 525 с.
16. Смирнов В.И. Курс высшей математики / В.И. Смирнов – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1959. – 657 с.

А. Ю. Колларов

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

М. В. Зиненко

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕОРИЙ МНОГОМЕРНЫХ СИСТЕМ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ.

Аннотация: Математическое моделирование процессов и явлений имеет большое значение для их исследования. Одним из подходов в моделировании является использование ортогональных функций. В данной работе произведен анализ существующих теорий многомерных систем таких функций, что позволит использовать их в дальнейшей научной деятельности.

Ключевые слова: Ортогональные, нормированные, интеграл, многомерная система функций, интервал, полные системы, унитарные.

A. Kollarov

Donetsk national technical university

M. Zinenko

Donetsk national technical university

ANALYSIS OF THE MODERN CONDITION OF THE THEORIES OF MULTIDIMENSIONAL SYSTEMS OF ORTHOGONAL FUNCTIONS.

Annotation: Mathematical modeling of processes and phenomena is of great importance for their study. One approach to modeling is the use of orthogonal functions. In this paper, the existing theories of multidimensional systems of such functions are analyzed, which will allow them to be used in further scientific activities.

Key words: Orthogonal, normalized, integral, multidimensional system of functions, interval, complete systems, unitary.

УДК 621.3

О. Ю. Колларов (канд. техн. наук, доц.)

ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

М. В. Зиненко,

ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ САМОЗАПУСКУ СИСТЕМИ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ТЕС

Анотація: В статті описано створення моделі асинхронного двигуна з урахуванням скін-ефекту у пакеті MATLAB Simulink з використанням тільки паспортних даних двигуна та використання її для дослідження режимів самозапуску. В основу було покладено диференціальні рівняння, що описують стан машини в перехідному процесі та інженерний метод визначення параметрів двоконтурної схеми заміщення, яка дозволяє врахувати нелінійну залежність опору ротора від ковзання.

Ключові слова: Система власних потреб, самозапуск, глибокопазний асинхронний двигун, електростанція, агрегат, частота обертання, ЕДС.

Постановка проблеми. Одним із головних завдань енергетики є забезпечення безперебійної роботи електричних станцій. Його вирішення безпосередньо залежить від

створення надійної системи власних потреб електростанції, яка підтримує технологічний процес на певному рівні, не допускаючи появу аварійних ситуацій. Складність процесів, що відбуваються в глибокопазних асинхронних двигунах, що використовуються для роботи агрегатів ТЕС та недостатність інформації про їхні характеристики зумовлює необхідність розробки та використання певних алгоритмів, які дозволяють отримати достатньо точну з інженерної точки зору математичну модель електродвигуна виходячи виключно з паспортних даних та, використовуючи її, отримати залежності частоти обертання, моменту, струму двигуна та напруги на шинах системи власних потреб у часі.

Аналіз попередніх досліджень. Вивчення режимів самозапуску системи власних потреб ведеться ще з середини ХХ ст. За цей час було розроблено декілька методів отримання параметрів схем заміщення на основі експериментальних даних. А також розроблено диференційні рівняння, які в подальшому стали основою різних алгоритмів математичних моделей для отримання параметрів двигуна.

Мета статті. Розробка універсальної моделі асинхронного двигуна у пакеті MATLAB Simulink для аналізу його стану в перехідних процесах.

Викладення основного матеріалу дослідження. Асинхронні двигуни з глибокопазним ротором, що застосовуються як привод для агрегатів системи власних потреб, можуть бути представлені у вигляді схеми заміщення з двома контурами ротора. Така схема дозволяє отримати достатню з практичної точки зору точність визначення характеристик двигуна. При цьому один з контурів ротора відображає характеристики двигуна в області робочих ковзань, а інший – в області пускових.

Для спрощення розрахунків не будуть враховуватися втрати в сталі, однак для збереження точності розрахунку це буде враховано корегуванням значень номінального ККД (η_n) і коефіцієнта потужності ($\cos\varphi_n$).

Номінальне ковзання, в.о.:

$$s_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0} \quad (1.21)$$

де n_0 – синхронна частота обертання, об/хв;

n_n – номінальна частота обертання, об/хв.

Скореговане значення ККД:

$$\eta'_n = 1 - R_s - \frac{\eta_n \cdot \cos\varphi_n \cdot s_n}{1 - s_n} \quad (1.22)$$

де η_n – номінальний ККД, в.о.;

s_n – номінальне ковзання двигуна, в.о.;

$\cos\varphi_n$ – номінальний коефіцієнт потужності;

$R_s \approx s_n$.

Скореговане значення коефіцієнта потужності:

$$\cos\varphi_n = \frac{\eta_n \cdot \cos\varphi_n}{\eta'_n} \quad (1.23)$$

Розрахунок параметрів схеми заміщення виконується в такій послідовності:

1) Визначаємо індуктивний опір обмотки статора:

$$X_{\sigma s} = \frac{1}{(2 \div 3) \cdot k_i} \quad (1.24)$$

де k_i – кратність пускового струму статора.

2) Знаходимо струм холостого ходу, який приймаємо рівним струму намагнічування:

$$i_{\mu} = \sin \varphi_n' - (m_m - \sqrt{m_m^2 - 1}) \cdot \cos \varphi_n' \quad (1.25)$$

де $\sin \varphi_n' = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_n'}$;

m_m – кратність максимального моменту.

3) Знаходимо індуктивний опір гілки намагнічування:

$$X_{\mu} = \frac{1}{i_{\mu}} - X_{\sigma s} \quad (1.26)$$

4) Визначаємо вхідні опори двигуна в номінальному режимі при s_n :

$$R_{ex}^s = \cos \varphi_n' \quad (1.27)$$

$$X_{ex}^s = \sin \varphi_n' \quad (1.28)$$

5) Визначаємо вхідні опори двигуна в пусковому режимі при $s=1$, які знаходимо, використовуючи співвідношення:

$$R_{ex}^{s=1} = R_s + \frac{m_n^p \cdot \cos \varphi_n' \cdot \eta_n'}{(k_i^p)^2 \cdot (1 - s_n)} \quad (1.29)$$

$$X_{ex}^{s=1} = \sqrt{\frac{1}{(k_i^p)^2} - (R_{ex}^{s=1})^2} \quad (1.10)$$

де m_n^p і k_i^p – розрахункові значення кратності пускового струму та моменту:

$$m_n^p = 1.01 \cdot m_n$$

$$k_i^p = 0.99 \cdot k_i$$

6) Знаходимо провідності ротора при номінальному ковзанні s_n :

$$g_r^s = \frac{R_{ex}^s - R_s}{(R_{ex}^s - R_s)^2 + (X_{ex}^s - X_{\sigma s})^2} \quad (1.30)$$

$$b_r^s = \frac{X_{ex}^s - X_{\sigma s}}{(R_{ex}^s - R_s)^2 + (X_{ex}^s - X_{\sigma s})^2} - \frac{1}{X_{\mu}} \quad (1.31)$$

7) Приймаємо параметри першого контуру ротора рівними результуючому опору ротора в номінальному режимі:

$$R_{r1} = \frac{g_r^{s_n}}{(g_r^{s_n})^2 + (b_r^{s_n})^2} \cdot s_n \quad (1.32)$$

$$X_{\sigma r1} = \frac{b_r^{s_n}}{(g_r^{s_n})^2 + (b_r^{s_n})^2} \quad (1.33)$$

8) Знаходимо провідності ротора в пусковому режимі ($s=1$):

$$g_r^{s=1} = \frac{R_{\sigma x}^{s=1} - R_s}{(R_{\sigma x}^{s=1} - R_s)^2 + (X_{\sigma x}^{s=1} - X_{\sigma s})^2} \quad (1.34)$$

$$b_r^{s=1} = \frac{X_{\sigma x}^{s=1} - X_{\sigma s}}{(R_{\sigma x}^{s=1} - R_s)^2 + (X_{\sigma x}^{s=1} - X_{\sigma s})^2} - \frac{1}{X_{\mu}} \quad (1.35)$$

9) Параметри другого контуру знаходимо як різницю між результуючою провідністю ротора при $s=1$ та провідністю першого контуру ротора при $s=1$:

$$g_{r2} = g_r^{s=1} - \frac{R_{r1}}{R_{r1}^2 + X_{\sigma r1}^2}; \quad b_{r2} = b_r^{s=1} - \frac{X_{\sigma r1}}{R_{r1}^2 + X_{\sigma r1}^2} \quad (1.36)$$

$$R_{r2} = \frac{g_{r2}}{g_{r2}^2 + b_{r2}^2}; \quad X_{\sigma r2} = \frac{b_{r2}}{g_{r2}^2 + b_{r2}^2} \quad (1.37)$$

Для побудови моделі в MATLAB використаємо диференційні рівняння потокозчеплення та кутової частоти обертання:

$$\begin{cases} \frac{d\overline{\psi_s}}{dt} = \overline{U_s} - \overline{i_s} R_s \\ \frac{d\overline{\psi_{r1}}}{dt} = j\omega \overline{\psi_{r1}} - \overline{i_{r1}} R_{r1} \\ \frac{d\overline{\psi_{r2}}}{dt} = j\omega \overline{\psi_{r2}} - \overline{i_{r2}} R_{r2} \\ \frac{d\omega}{dt} = \frac{M - M_c}{J} \end{cases} \quad (1.38)$$

$$\text{де } M = \frac{3}{2} \cdot (\hat{i}_r \cdot \overline{i_s})$$

$$J = GD^2 \cdot 4$$

За отриманими потокозчепленнями визначаємо струми:

$$\begin{cases} \overline{i_s} = \frac{\overline{\psi_s} - \overline{\psi_m}}{L_{\sigma s}} \\ \overline{i_{r1}} = \frac{\overline{\psi_{r1}} - \overline{\psi_m}}{L_{\sigma r1}} \\ \overline{i_{r2}} = \frac{\overline{\psi_{r2}} - \overline{\psi_m}}{L_{\sigma r2}} \end{cases} \quad (1.39)$$

$$\text{де } \overline{\psi_m} = a_s \overline{\psi_s} + a_{r1} \overline{\psi_{r1}} + a_{r2} \overline{\psi_{r2}};$$

$$a_s = \frac{L_{sr}}{L_{\sigma s}}; \quad a_{r1} = \frac{L_{sr}}{L_{\sigma r1}}; \quad a_{r2} = \frac{L_{sr}}{L_{\sigma r2}};$$

$$L_{sr} = \left[\frac{1}{L_m} + \frac{1}{L_{\sigma s}} + \frac{1}{L_{\sigma r1}} + \frac{1}{L_{\sigma r2}} \right]^{-1}$$

Всі операції проводимо в нерухомій системі координат (α, β) у відносних одиницях. В результаті було отримано модель, приведену на рис. 1.

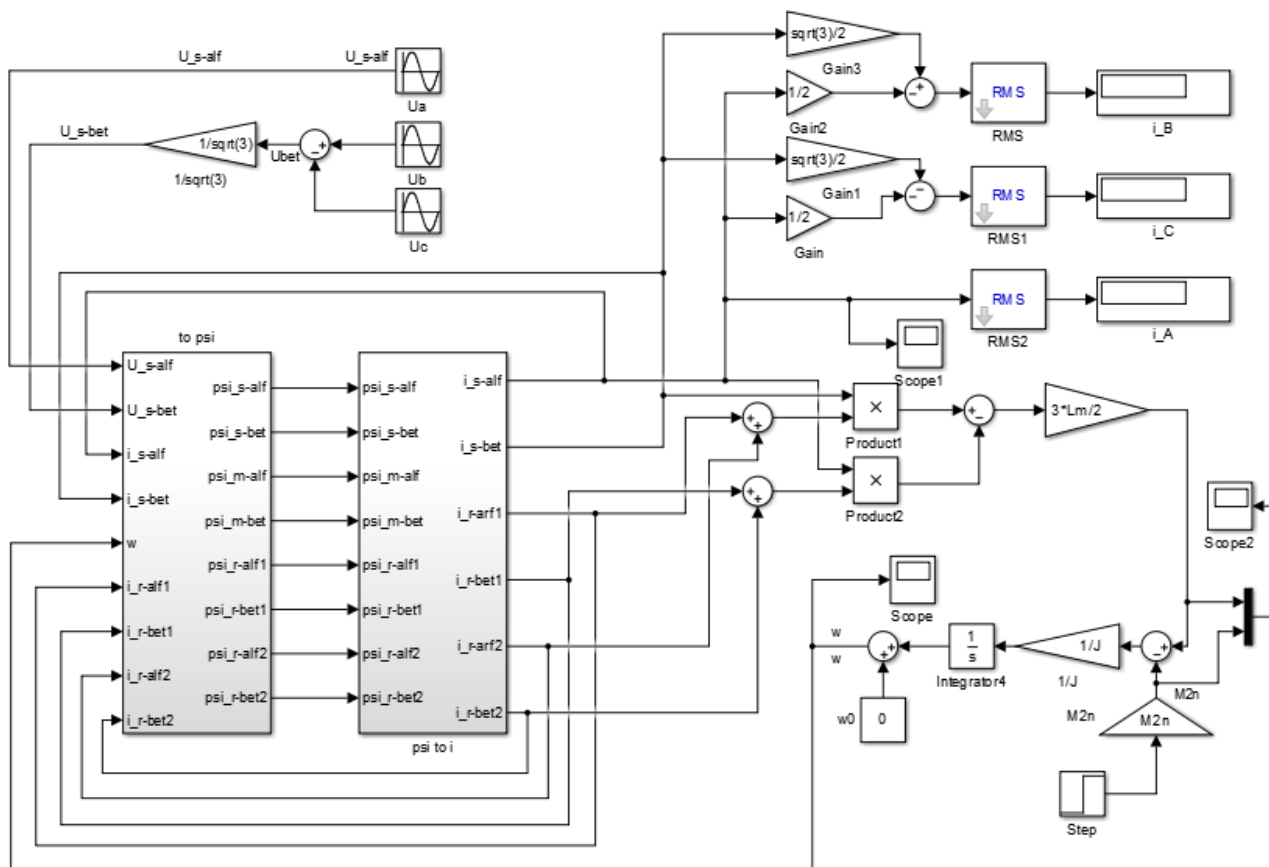


Рисунок 1 – Модель АД в MATLAB Simulink

Отримані внаслідок моделювання параметри двигуна ДАЗО 1910-12 при пуску з коефіцієнтом завантаження 0,5:

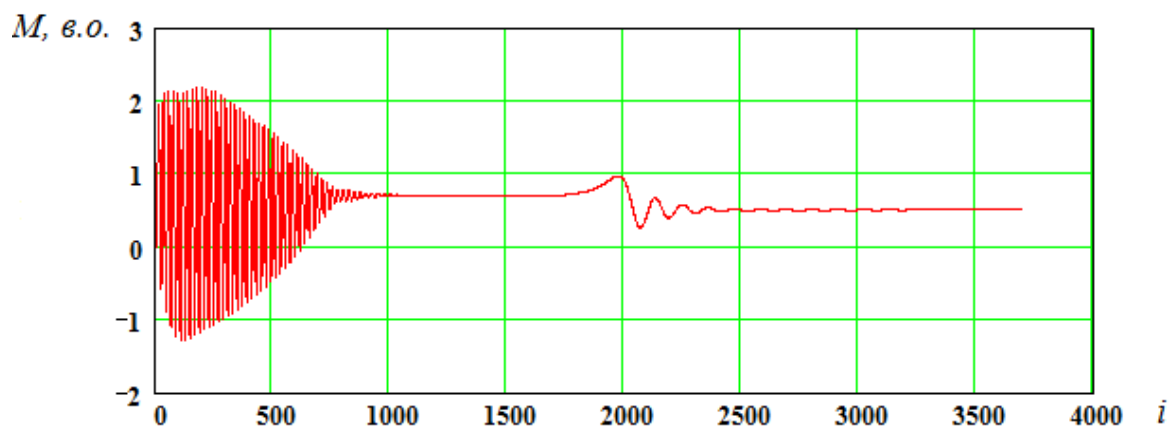


Рисунок 2 - Залежність $M(t)$ при пуску

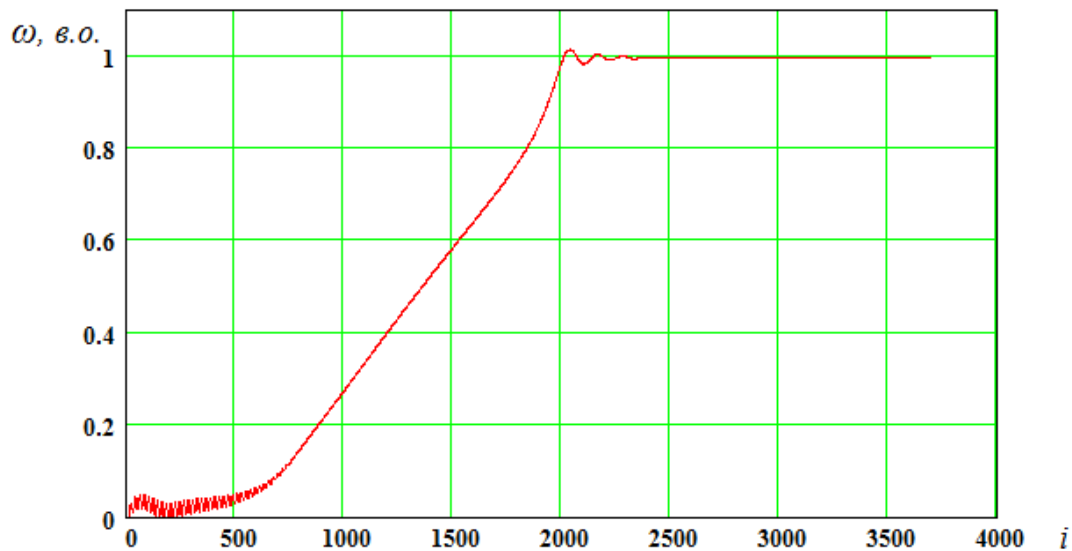


Рисунок 3 – Залежність $\omega(t)$ при пуску

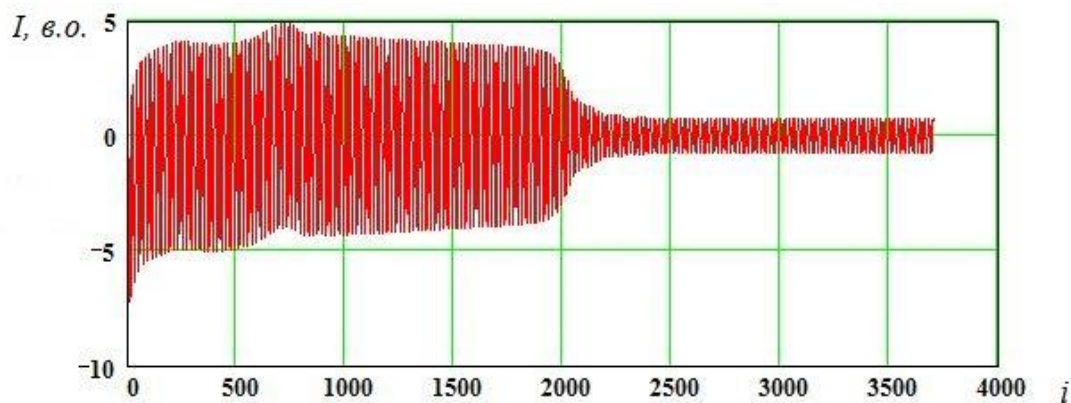


Рисунок 4 – Залежність $I(t)$ при пуску

За допомогою даної моделі будуємо систему власних потреб ТЕС, в яку включаємо вісім найбільш важливих двигунів. За результатами роботи будуємо криві зміни $\omega = f(t)$ в процесі вибігу і самозапуску.

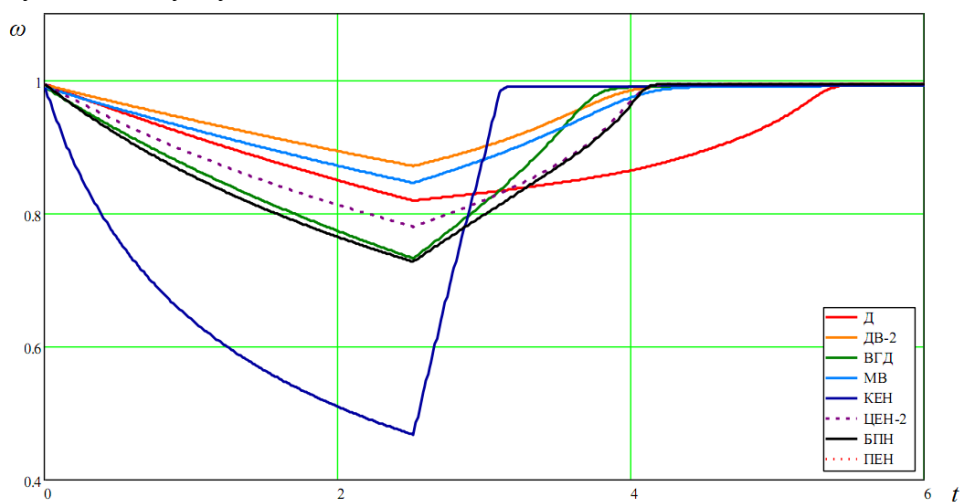


Рисунок 5 – Залежності $\omega = f(t)$ в процесі вибігу і самозапуску

Висновки. У роботі проведено аналіз режимів роботи системи власних потреб теплової електростанції. До складу аналізу входять: розрахунок параметрів двоконтурної схеми заміщення асинхронного двигуна інженерним методом, створення моделі

асинхронного двигуна на підставі отриманої схеми заміщення та диференціальних рівнянь, що описують стан машини, та отримання залежності кутової частоти у часі під час перерви живлення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных ЭД – М.: Энергоатомиздат, 1974. – 96с.
2. Мотыгина С.А. Эксплуатация электрической части тепловых электростанций. М., Энергия, 1968
3. Сивокобиленко В.Ф., Лебедев В.К. Прехідні процеси в системах електропостачання власних потреб електростанцій. Донецьк: РВА ДонНТУ, 2002. – 136с.
4. Усов С.В., Михалев Б.Н. Электрическая часть электростанций – Ленинград: Энергоатомиздат, 1987. – 616с.
5. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 680 с.

А. Ю. Колларов

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

М. В. Зиненко

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ САМОЗАПУСКА СИСТЕМЫ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЭС.

Аннотация: В статье описано создание модели асинхронного двигателя с учетом скин-эффекта в пакете MATLAB Simulink с использованием только паспортных данных двигателя и использование ее для исследования режимов самозапуска. В основу были положены дифференциальные уравнения, которые описывают состояние машины в переходном процессе и инженерный метод определения параметров двухконтурной схемы замещения, которая позволяет учитывать нелинейную зависимость сопротивления ротора от скольжения.

Ключевые слова: Система собственных нужд, самозапуск, широкополосный асинхронный двигатель, электростанция, агрегат, частота вращения, ЭДС.

A. Kollarov

Donetsk national technical university

M. Zinenko

Donetsk national technical university

RESEARCH OF MODES OF THE SELF-START OF THE SYSTEM OF OWN NEEDS OF TPP

Annotation: This article describes how to create a model of the induction motor based on the skin effect in MATLAB Simulink package using only the motor data sheet and use it for self-study mode. The basis was based on differential equations that describe the state of the machine in the transient process and the engineering method for determining the parameters of a two-circuit replacement circuit, which allows one to take into account the nonlinear dependence of the rotor resistance on sliding.

Key words: System of own needs, self-start, induction motor, power, aggregate, frequency of rotation, emf.

О. Ю. Колларов (канд. техн. наук, доц.),
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

І.В. Придятько (ст. викл.),
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

А. І. Пупченко,
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

В. А. Єрмишев
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

БЕЗТРАНСФОРМАТОРНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Анотація: Стаття присвячена дослідженню моделі без трансформаторного перетворювача параметрів електроенергії у додатку для математичного пакету MATLAB Simulink. Показано, що можливо трансформування змінної напруги, підсумовуючи послідовні в часі порції енергії з необхідними коефіцієнтами трансформації та пульсації вихідної напруги.

Ключові слова: перетворення параметрів електроенергії, безтрансформаторний перетворювач, дискретне перетворення.

Предметом дослідження є пристрої, що перетворюють електричний струм чи напругу за допомогою напівпровідникових ключів, індуктивності та ємності.

Актуальність її зумовлена можливістю знизити матеріаломісткість перетворювачів та підвищити їх надійність.

Мета статті – представити залежність вихідних величин (струму та напруги) від часових параметрів дискретного перетворювача.

Викладення основного матеріалу дослідження. В указаних пристроях перетворення проходить дискретно, імпульсами струму та напруги. Сутність дискретного перетворення енергії полягає в тому, що кожна наступна порція енергії, що надходить від джерела, запасається в електричному чи магнітному полі та передається в накопичувач, що виступає вихідним елементом перетворювача, таким чином, вихідна величина є сума порцій енергії в часі.

Дискретний спосіб перетворення використовується в пристроях, що називаються безтрансформаторними перетворювачами [1, с.480-495]. Як правило, вони використовуються в якості джерел вторинного живлення. Поява потужних силових ключів дозволила використати дискретне перетворення у силових електропередачах, наприклад [2].

Безтрансформаторне перетворення дозволяє усунути магнітопровід та міжвиткову ізоляцію, які є невід’ємними елементами традиційних трансформаторів, знижуючи матеріаломісткість та підвищуючи надійність пристрою.

Пристрій включає джерело живлення E , опір $R_{\text{и}}$, ключі K_1 і K_2 , які поперемінно з’єднують індуктивність $L_{\text{д}}$ з джерелом живлення E та електричним конденсатором $C_{\text{н}}$, в електричному полі якого накопичується енергія, порціями, що надходить від індуктивності $L_{\text{д}}$, навантаження $R_{\text{н}}$, в якому електрична енергія конденсатора перетворюється в інший вид.

Пристрій працює наступним чином. Ключем K_1 індуктивність $L_{\text{д}}$ з’єднується з джерелом живлення E . Поки ключ K_1 замкнутий, у магнітному полі індуктивності накопичується енергія. Потім розмикається K_1 , одночасно замикається K_2 , енергія магнітного поля індуктивності $L_{\text{д}}$ перетворюється в енергію електричного поля конденсатора C . Ці операції повторюються періодично, так що у конденсаторі накопичується енергія, що використовується навантаженням $R_{\text{н}}$.

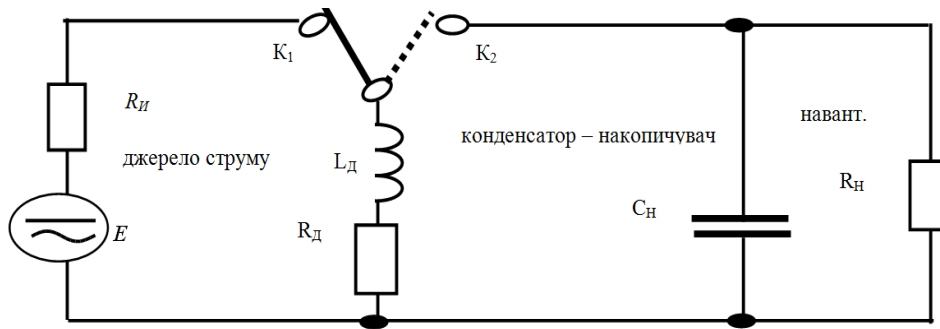


Рисунок 1 – Схема безтрансформаторного перетворювача

Напруга на конденсаторі залежить від його ємності, кількості енергії в ньому та в загальному випадку відрізняється від напруги джерела живлення. В цьому і полягає сутність перетворення.

Напруга на конденсаторі C зростає, доки кількість енергії, використаної в навантаженні R_H за період, стане дорівнювати кількості енергії, доданої за період в конденсатор від індуктивності. Ця додана порція енергії визначається наступними рівняннями:

$$W_{LD} = \frac{L_D I_D^2}{2}, \quad (1)$$

$$I_D \cong \frac{E}{L_D} t_1, \quad (2)$$

отже,

$$W_{LD} \cong \frac{E^2 t_1^2}{2L_D}. \quad (3)$$

Тут позначені W_{LD} – енергія, накопичена в індуктивності за період (за час замкнутого стану ключа K_1); L_D – індуктивність; I_D – струм в індуктивності; E – ЕРС джерела живлення; t_1 – тривалість замкнутого стану ключа K_1 .

Кількість енергії в конденсаторі при підключенні до нього індуктивності ключем K_2 .

$$\Delta W_C = \frac{C}{2} (u_K^2 - u_H^2) = C U_{CP} \Delta u, \quad (4)$$

де u_H і u_K – напруга на конденсаторі в моменти замикання і розмикання ключа K_2 .

Кількість енергії, що передано в навантаження R_H за один період роботи ключей,

$$\Delta W_H = \frac{U_{CP}^2}{R_H} T \quad (5)$$

де U_{CP} – середня за період напруга на конденсаторі, T – період роботи ключей, R_H – опір навантаження.

в першому приближенні приймається, що вся енергія, накопичена в індуктивності за час замкнутого стану K_1 , перейшла у ємність (незначні втрати при комутації K_1 та на опорі R_D), так що $W_{LD} = \Delta W_C$. тоді з рівнянь (3) і (5) витікає:

$$\frac{E^2 t_1^2}{2L_D} = C U_{CP} \Delta u. \quad (6)$$

В сталому режимі, коли $U_{CP} = \text{const}$, $\Delta W_C = \Delta W_H$, із співвідношень (4) и (5)

$$\Delta u = \frac{U_{CP}}{CR_H} T. \quad (7)$$

З рівнянь (6) і (7) витікає

$$U_{CP} = Et_1 \sqrt{\frac{R_H}{2L_D T}}, \quad (8)$$

Коефіцієнт перетворення напруги

$$K_U = \frac{U_{CP}}{E} = t_1 \sqrt{\frac{R_H}{2L_D T}}. \quad (9)$$

Напруга на конденсаторі і, відповідно, на навантаженні, має пульсації з тих самих рівнянь (6) і (7)

$$\Delta u = \frac{Et_1}{C} \sqrt{\frac{T}{2R_H L_D}}. \quad (10)$$

Коефіцієнт пульсацій

$$k_{\Pi} = \frac{\Delta u}{2U_{CP}} = \frac{T}{2CR_H}. \quad (11)$$

З цих рівнянь простежується особливість безтрансформаторного перетворення, а саме – коефіцієнт перетворення визначається годинними параметрами перетворення – періодом та тривалістю замкнутого стану ключа K_1 і постійною часу індуктивність-навантаження (L_D / R_H). Коефіцієнт пульсацій визначається відношенням періоду до постійної часу ємність-навантаження.

Перетворення змінної напруги.

Описаний спосіб перетворення може бути застосований також і для перетворення змінної напруги: за достатньо малим періодом роботи ключей в порівнянні з періодом перетворюваної напруги за період переключення можна вважати незмінним. Відповідно, для аналізу можуть бути використані приведені вище співвідношення.

При змінній напрузі ЕРС E змінюється синусоїдально $e = E_m \sin \Omega t$, где $\Omega = 2\pi f$, f – частота перетворюваної напруги.

При виведенні залежності вихідної напруги від параметрів перетворювача був використаний вираз для напруги на конденсаторі при включенні контуру на гармонічну напругу [3, с. 56]. В результаті отримано вираз для значення вихідної напруги:

$$U_D \cong E_m t_1 \sqrt{\frac{R_H}{2L_D T(1 + \Omega^2 R_H^2 C^2)}}. \quad (12)$$

Коефіцієнт перетворення змінної напруги

$$R_U \cong \frac{U_D}{E} \cong t_1 \sqrt{\frac{R_H}{L_D T(1 + \Omega^2 R_H^2 C^2)}}, \quad (13)$$

де E – діюче значення змінної напруги.

Адекватність ключовий залежностей (8) і (12) була перевірена моделюванням у програмі Simulink. Модель перетворювача представлена на рис. 2, а.

В експерименті варіювалися L_D , C , R_H , t_1 , T . Осцилограми вхідних напруги і струму та вихідної напруги представлені на рис. 2, б.

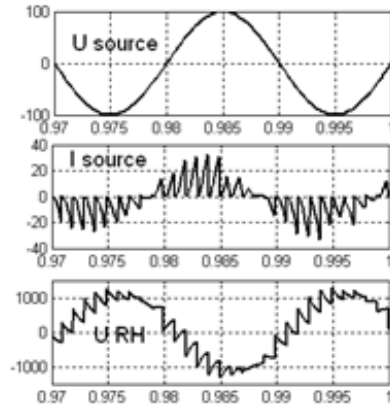
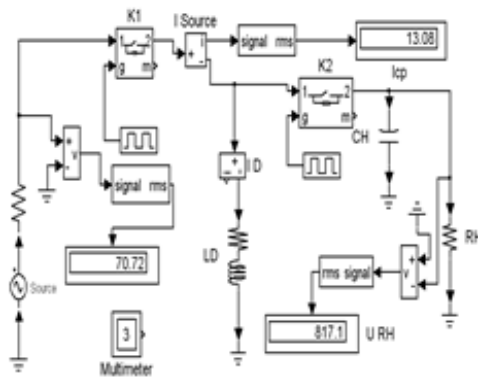


Рисунок 2 – Моделювання безтрансформаторного перетворювача параметрів електроенергії: а – модель перетворювача в програмі Simulink; б – осцилограми струму та напруги

З осцилограм можна побачити, що на виході напруга має ту саму частоту, що і на вході, здвигнуте за фазою на 180° та за амплітудою приблизно у 10 разів більше вхідного. Проглядаються пульсації миттєвих значень вихідної напруги. Обробкою результатів експерименту встановлено, що експериментальне значення корелюється з теоретичним коефіцієнтом кореляції 0,87 – 0,98. Це дозволяє вважати теоретичні залежності адекватними.

Втрати в ключах є специфічним енергетичним параметром безтрансформаторного перетворювача. Для їх визначення прийнято, що при розмиканні ключа струм в ньому змінюється від I_H при замкнутому стані до 0 при розімкнутому. Напруга змінюється від 0 при замкнутому стані до напруги конденсатора U_C при розімкнутому. Струм і напруга змінюються в процесі розмикання лінійно. Тоді миттєве значення струму в процесі розмикання

$$i = I_H - \frac{I_H}{t_p} t, \quad u = \frac{U_C}{t_p} t. \quad (14)$$

t_p – тривалість розмикання,

t – поточне значення часу, від 0 до t_p .

Енергія, розсіюється в ключі за час розмикання,

$$\Delta W_K = \int_0^{t_p} u i dt = 0,17 U_C I_H t_p. \quad (15)$$

Підстановкою виразів (14) отримується

$$\Delta W_K = 0,12 E^2 t_1^2 t_p \sqrt{\frac{R_H}{L_D^3 T}} \quad (16)$$

Відношення енергії, розсіяної в ключі, до переданої у конденсатор, а потім у навантаження, на основі формул (3) та (16)

$$\frac{\Delta W_K}{\Delta W_H} = 0,34 t_p \sqrt{\frac{R_H}{L_D T}}. \quad (17)$$

З цього співвідношення видно, що зменшити відносні втрати в ключах можна знижуючи тривалість розмикання чи збільшуючи індуктивність перетворювача.

Висновки.

1. Можливо трансформування змінної напруги, підсумовуючи послідовні в часі порції енергії.

2. Задані коефіцієнти трансформації та пульсації вихідної напруги можуть бути отримані підбором значень індуктивності та ємності.

3. Виходячи з сутності дискретного перетворення, необхідно очікувати м'які зовнішні характеристики пристрою. При необхідності жорсткість зовнішніх характеристик повинна бути скорегована зворотнім зв'язком за періодом чи тривалістю замкнутого стану вхідного ключа.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Довідник з електротехніки, т. 2, 1998.
2. Зінов'єв Г.С., Левін Є.Ю., Обухів А.Є., Попов В.І., Підвищуючи-понижуючі регулятори змінної напруги і безпосередні перетворювачі частоти. Електротехніка, №11, 2000., С.16-20.
3. Гінсбург С.Г. Методи вирішення задач з перехідних процесів в електричних ланцюгах. М.: «Вища школа», 1967, 388 с.
4. Довідник по електричним машинам: У 2 т. / За заг. ред. І. П. Копилова. Т. 1. - М.: Вища школа, 1988. - 456 с.

А. Ю. Колларов (канд. техн. наук, доц.),

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

И. В. Придатыко (ст. преп.),

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

А. И. Пупченко,

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

В. А. Ермышев

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

БЕСТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Аннотация: Работа посвящена исследованию модели бестрансформаторного преобразователя параметров электроэнергии в приложении для математического пакета MATLAB Simulink. Показано, что возможна трансформация переменного напряжения, суммируя последовательные во времени порции энергии с необходимыми коэффициентами трансформации и пульсации выходного напряжения.

Ключевые слова: преобразование параметров электроэнергии, бестрансформаторный преобразователь, дискретное преобразование.

O.Y. Kollarov (Ph.D., Associate Professor),

Donetsk National Technical University

I.V. Pridatko (Senior Teacher),

Donetsk National Technical University

A. I. Pupchenko,

Donetsk National Technical University

V. A. Yermishev

Donetsk National Technical University

TRANSFORMER-FREE TRANSFORMATIONS OF ELECTRICITY PARAMETERS

Annotation: The work is devoted to the study of the transformer-free converter model of electric power parameters in the application for the mathematical package MATLAB Simulink. It is shown that it is possible to transform an alternating voltage, summing up consecutive energy portions in time with the necessary transformation coefficients and pulsations of the output voltage.

Keywords: transformation of parameters of electric energy, transformer-free transformer, discrete transformation.

МОДЕЛЮВАННЯ КРОКУЮЧИХ МЕХАНІЗМІВ ПЕРЕСУВАННЯ ПОТУЖНИХ ЕКСКАВАТОРІВ

Анотація: Наведена розрахункова схема механізму пересування і проведені теоретичні і експериментальні дослідження, на основі яких отримані залежності для визначення силових, кінематичних параметрів крокуючого чотирьохопорного механізму, які описують процес пересування кар'єрного екскаватора з чотирьохопорним крокуючим рушієм.

Ключові слова: екскаватор, функціонально закінчений елемент, чотирьохопорний крокуючий рушій, механізм пересування, експеримент

На кар'єрах України працює велика кількість сучасних екскаваторів – механічних лопат і драглайнів, від працездатності яких залежить продуктивність гірничих підприємств. В той же час до 25% від загальної кількості відмов на екскаваторах приходить на долю механізмів пересування. Тому розробка нових конструкцій механізмів пересування та удосконалення існуючих є досить актуальною науково-технічною проблемою.

На основі оцінки технічного рівня сучасних механізмів пересування, а саме, гусеничного, крокуючого традиційного трьох опорного, та нового крокуючого чотирьох опорного [1] було встановлено [2], що саме останній механізм являється досить перспективним як для екскаваторів так і інших технологічних самохідних машин (бурових станків, дробарок та інш.).

Методи проектування і розрахунків приводів крокуючих механізмів в сучасних роботах представлена тільки для трьох опорних і то в досить загальному вигляді [3, 4], тому розробка методів розрахунків приводів, визначення геометричних, кінематичних і силових параметрів таких рушіїв, та застосування їх на практиці являється досить актуальним питанням. В ДДМА на кафедрі ПТМ проводяться такі дослідження на теоретичному і експериментальному рівнях.

У роботах ДонНТУ [2, 3] запропонований метод дослідження гірських і підйомно-транспортних машин в процесі виконання технологічних операцій у вигляді функціонування системи «машина - зовнішнє середовище». Основними компонентами цієї системи є такі підсистеми, як зовнішнє середовище і машина, причому кожна з підсистем має свою структуру, а структура складається з елементів пов'язаних між собою. Метою даної роботи є встановлення взаємозв'язку між силовими і кінематичними параметрами в залежності від режимів руху екскаватора і геометричних характеристик ексцентрикового приводу.

Стосовно до однокішневим кар'єрних екскаваторів структурна схема складається з взаємозв'язаних між собою наступних основних елементів: робочого органу - ківш (к); рукояті (Рк) зі стрілою (Стор), виконавчих механізмів (Мпод, Мнап), встановлених на поворотній платформі (МПП), яка за допомогою опорно-поворотного пристрою і (ОП), механізму повороту (ПМ) і центральної цапфи (Цц), пов'язана з нижньою рамою (МНР). Нижня рама спирається на ходову частину складається з чотирьох опорних башмаків (1-4 лиж) з'єднаних за допомогою шарнірів (О1 ... О8).

На підставі структурної схеми (див. рис.1) складена розрахункова схема чотирьохопорного крокуючого рушія рис. 1б, яка дозволяє врахувати конструкцію ходового обладнання, його взаємозв'язку в структурі екскаватора, взаємодія з зовнішнім середовищем і формування навантажень в процесі переміщення екскаватора. З огляду на основні положення теорії багатокритеріального аналізу [4] розроблено математичну модель процесу переміщення екскаватора як системи, що складається з послідовно з'єднаних функціонально-закінчених елементів, (ФЗЕ), при цьому враховуємо наступне:

$$f_i(\bar{X}, \bar{P}, \bar{Y}) = 0, \quad (1)$$

де $\bar{X}$ - вектор вхідних параметрів;
 $\bar{P}$ - вектор структури і параметрів машини;
 $\bar{Y}$ - вектор вихідних параметрів.

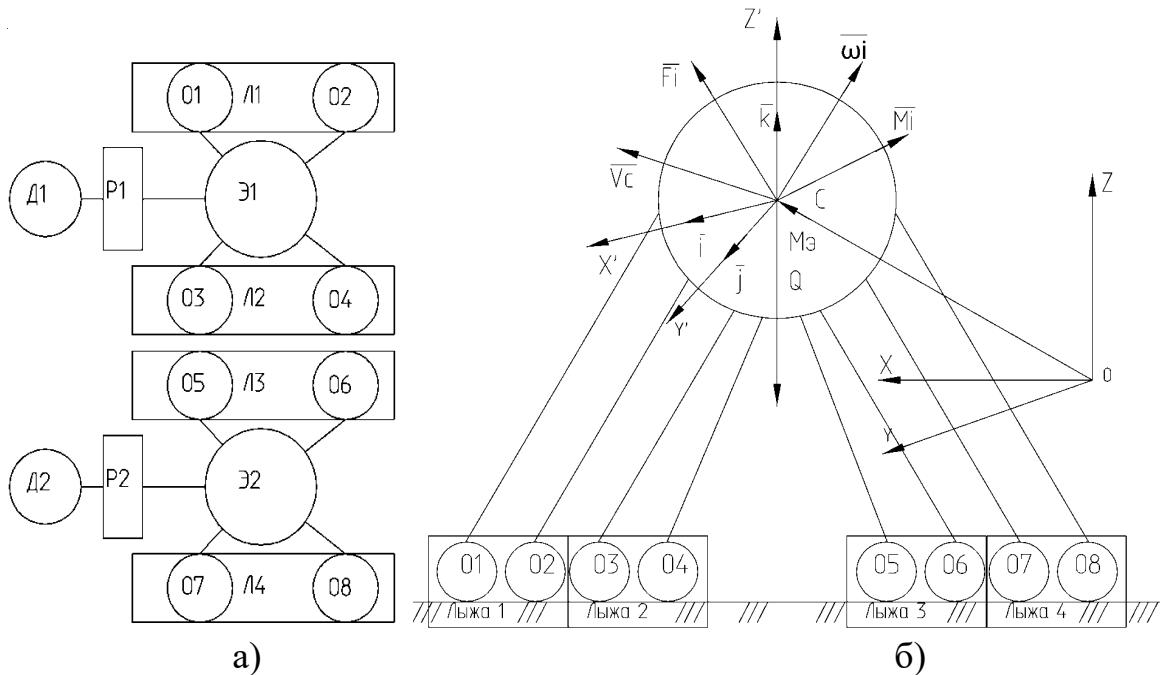


Рисунок 1 – Розрахункові схеми відповідно: а) механізму пересування
 б) екскаватора

Комплексна математична модель процесу переміщення чотирьохопорного крокуючого механізму, як сукупність взаємопов'язаних приватних моделей функціонально закінчених елементів представлених в роботах [3, 4, 5] має вигляд:

$$\begin{cases} f_m(\bar{X}_{ms}, \bar{Y}_{mi}, \bar{P}_{mi}) = 0; i = 1, 3; \\ \bar{Y}_0 = f_0(\bar{X}_{0i}, \bar{P}_{0i}); i_0 = 1, 4; \\ \bar{Y}_l = f_l(\bar{X}_{li}, \bar{P}_{li}); i_l = 1, 2; \\ \bar{Y}_{\kappa\partial} = f_{\kappa\partial}(\bar{X}_{\kappa\partial i}, \bar{Y}_{\kappa\partial i}, \bar{P}_{\kappa\partial i}); i_{\kappa\partial} = 1, 2; \\ f_{\partial}(\bar{X}_{\partial i}, \bar{Y}_{\partial i}, \bar{P}_{\partial i}) = 0; \\ \bar{Y}_{\mu y} = f_{\mu y}(\bar{X}_{\mu y i}, \bar{Y}_{\mu y i}, \bar{P}_{\mu y i}); i_{\mu y} = 1, 2; \\ \bar{Y}_{y\partial} = f_{y\partial}(\bar{X}_{y\partial i}, \bar{P}_{y\partial i}); i = 1, 2; \\ \bar{Y}_m = f_m(\bar{X}_{mi}, \bar{Y}_{mi}, \bar{P}_{mi}); i_m = 1, 2, \end{cases}$$

где f_m - вектор функция задающая математические описания ФЗЭ;

$\bar{X}_{ms}, \bar{Y}_{mi}, \bar{P}_{mi}$ - векторы вхідних, вихідних величин і параметрів.

Математична модель містить вісім видів приватних ММ ФЗЕ з яких: 3 - елементи конструкції просторово переміщається маси (М), циліндричні шарніри (О), опорні башмаки (Л);

5 - елементи трансмісії, двигун (Д), муфти (М), пружний вал (УВ), зубчасті передачі (Т), ексцентрик (КД).

Таким чином структурна схема, представлена на (рис. 1) відображає склад елементів, що входять в ходове обладнання, зв'язку цих елементів між собою і з зовнішнім середовищем тобто структуру системи «машина - рушій - зовнішнє середовище».

Використовуємо програмне забезпечення для вирішення математичних моделей з ФЗЕ яке включає послідовне виконання наступних операцій [4]:

1. Формування бази даних (вхідних параметрів).
2. Формування файлу *.txt.
3. Формування ММ процесу переміщення машини як ФЗЕ ППМ.
4. Моделювання ФЗЕ і їх взаємодії в структурі машини.
5. Рішення ММ за допомогою методу Рунге-Кутта.

В результаті реалізації обчислювального експерименту були отримані графіки зміни параметрів приводу чотирьохопорного механізму крокування, які представлені на (рис. 2).

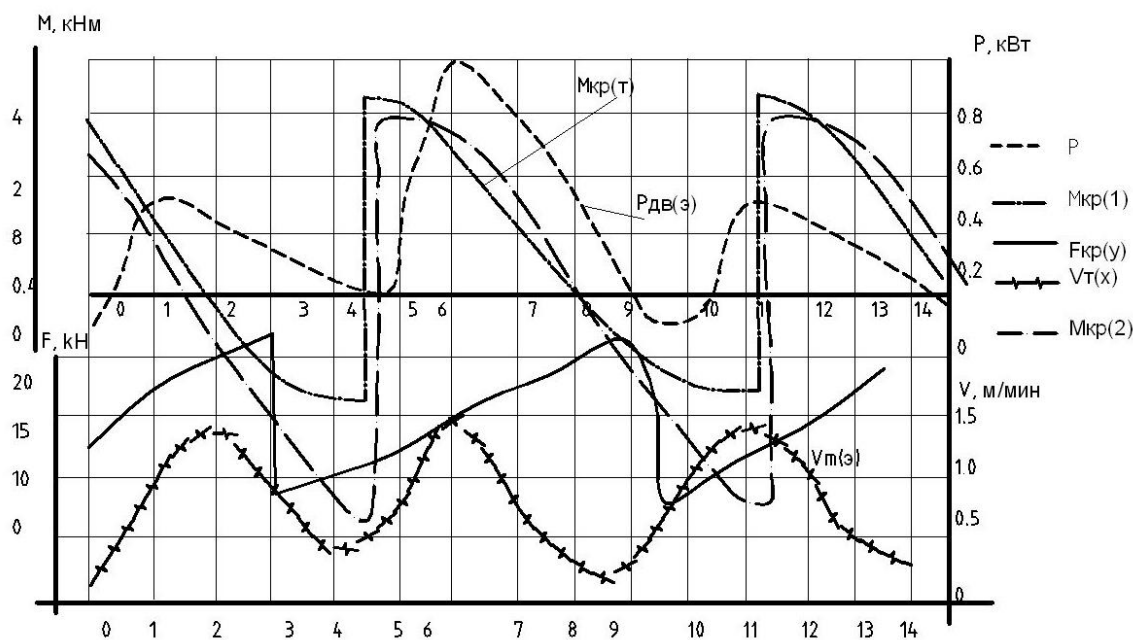


Рисунок 2 - Результаты вычислительного эксперимента механических параметров по математической модели четырехопорного шагающего механизма.

Проведені теоретичні дослідження [5], дали змогу розробити і виготовити фізичну модель крокуючого рушія, та провести експериментальні дослідження з метою відтворення динаміки процесу пересування машини та уточнення параметрів і характеристик привода, а також вивчення впливу параметрів механізму на кінематику руху машини і взаємодії його з зовнішнім середовищем.

Враховуючи можливі зміни навантажень на двигуни рушія і режими роботи, а саме: пересування по прямій горизонтальній поверхні, підйом по площині, нахиленої до горизонту на кут до 12°; поворот моделі в різних режимах; зміна ваги і положення центру мас крокуючого візка було вибрано можливі коефіцієнт перевантаження $\psi=2,4$ то визначено максимальний момент на валу двигуна (кНм) по залежності [5]:

$$M_{\text{дв.мах}} = \frac{M_{\text{кр.мах}}}{U_{\Sigma} \times \eta} = \frac{G_T}{2} \times \frac{e}{U_{\Sigma} \times \eta},$$

де G_T – вага транспортного візка, кН;

e – величина ексцентриситету, м;

U_{Σ} – сумарне передатне відношення механізму;

η – ККД передаточного механізму.

Виходячи з визначених геометричних, силових і кінематичних параметрів фізичної моделі крокуючого механізму визначено потужність двигунів для привода рушія:

$$P_{\Sigma} = \left(\frac{G_T}{2} \times \frac{e}{U_{\Sigma} \times \eta} \right) \times \frac{\omega \times \psi}{\eta_m},$$

де ω – кутова швидкість вихідного вала з ексцентриком, c^{-1} ;

ψ – коефіцієнт можливого перевантаження привода;

η_m – ККД ексцентрикового привода.

Таблиця 1 – Основні параметри моделі і розрахункові дані.

Основні параметри	Коефіцієнт перевантаження електродвигунів $\Psi = \frac{M_{\text{дв.вфч}}}{M_{\text{дв.ном}}}$		
$N_{\text{дв}}=0,85\text{кВт}$ $n=1000\text{об/хв}$ $M_{\text{дв.ном.}}=0,829\text{кг/м}$ $e=0,035\text{м}$ $\eta=0,75$ $i^{\Sigma}=120(160)$ $G_T=3257\text{кг}$	$\psi=1$	$\psi=1,5$	$\psi=2,0$
Сумарна вага візка з вантажем $G_{(м+г)}, \text{кг}$	4263	6395	8527
Опорна площа двох лиж $F=2 \times l \times b, \text{см}^2$	5760	5760	5760
Питомий тиск на ґрунт при опорі на дві лижі $g_{\text{ср.}}, \text{МПа}$	0,074	0,111	0,148
Число оборотів вихідних коліс із ексцентриками на виході $n_{\text{вих}}, \text{об/мин}$	8,333	8,333	8,333
Швидкість пересування візка $V, \text{м/мин}$	1,166	1,166	1,166
Час робочого циклу відповідне одному оберту приводних коліс із ексцентриками й переміщенню моделі на величину $4e=0,14\text{м}, \text{с}$	7,2	7,2	7,2

Основні розрахункові параметри привода фізичної моделі крокуючого механізму приведено в таблиці 1, а кінематична схема привода показана на (рис. 3). Зі схеми видно, що крутний момент від двигуна 6 через муфти 5 і 7 передається на передатний механізм, що включає редуктори 9, конічні й циліндричної зубчасті передачі 4 і 8, які забезпечують обертання вала 2 з ексцентриком e . Це дозволяє по черзі переміщати опорні черевики 1 і 3 з однієї сторони візка. Симетрично описаному механізму розміщений на протилежній стороні візка такий же другий механізм, що дозволяє переміщати металоконструкцію візка й моделює процес руху всієї машини.

Схема вимірювально-інформаційної системи приведена на (рис. 5). На даній схемі у загальному вигляді показано три складові експериментальні частини, а саме:

I – блок вимірювальних приладів;

II – блок апаратури керування установкою;

III – блок електромеханічної частини моделі.

За допомогою вимірювально-інформаційної системи були отримані осцилограми (рис. 3), з яких видно, що характер руху моделі носить нерівномірний характер і відповідає закону руху, який було встановлено теоретично [5]. Потужність двигуна за один період пересування змінюється від максимального значення $P=0,96 \text{ кВт}$ до мінімального $P_{\text{min}}=0,02 \text{ кВт}$, а характер зміни носить коливальний характер, що відповідає теоретично визначеному закону.

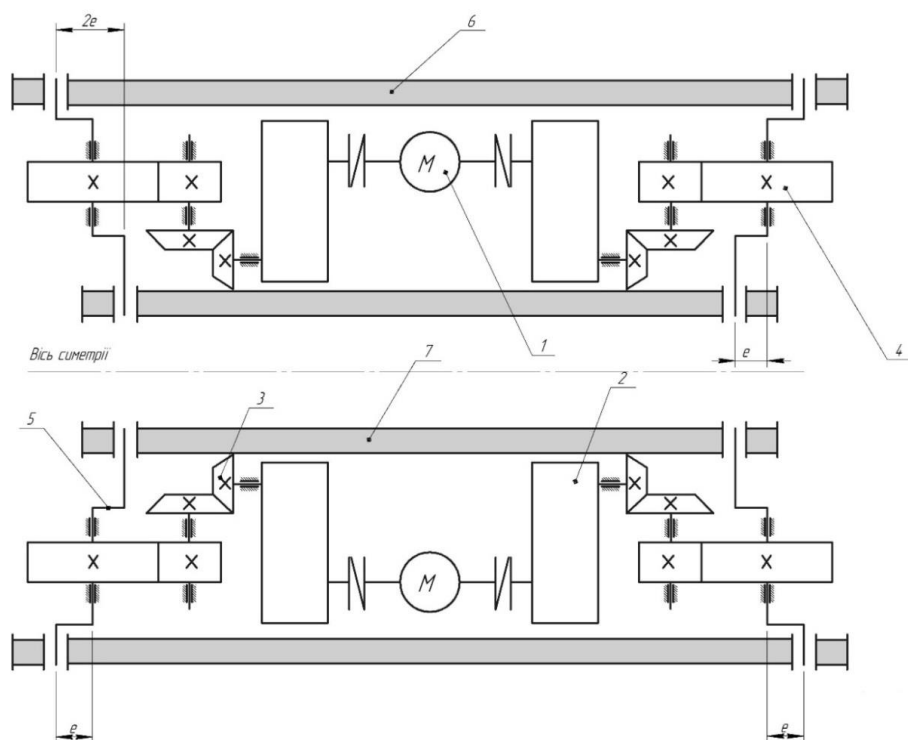


Рисунок 3 - Кінематична схема фізичної моделі крокуючого чотирьохопорного механізму:
 1 і 3 – опорні ліжжі; 2 – ексцентрик; 4 і 8 – передавальні механізми;
 5 і 7 – муфти; 6 – електродвигун із двома вихідними валами, 9 - редуктори.

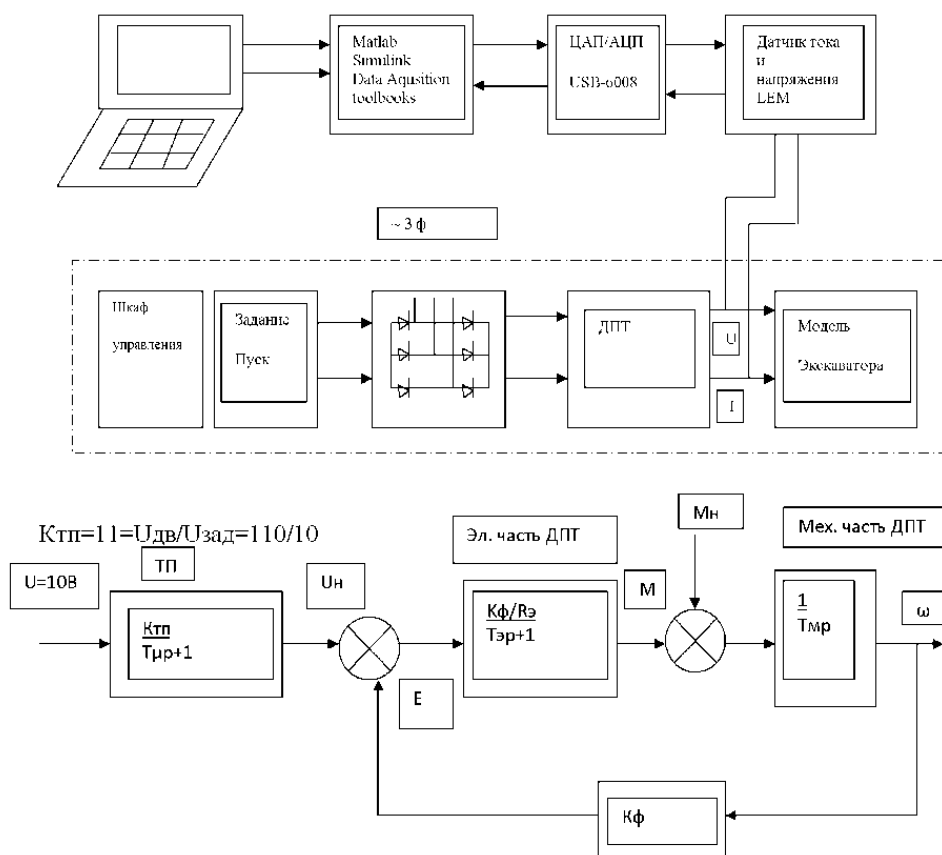


Рисунок 4 – Вимірювально-інформаційна система
 для дослідження крокуючого механізму

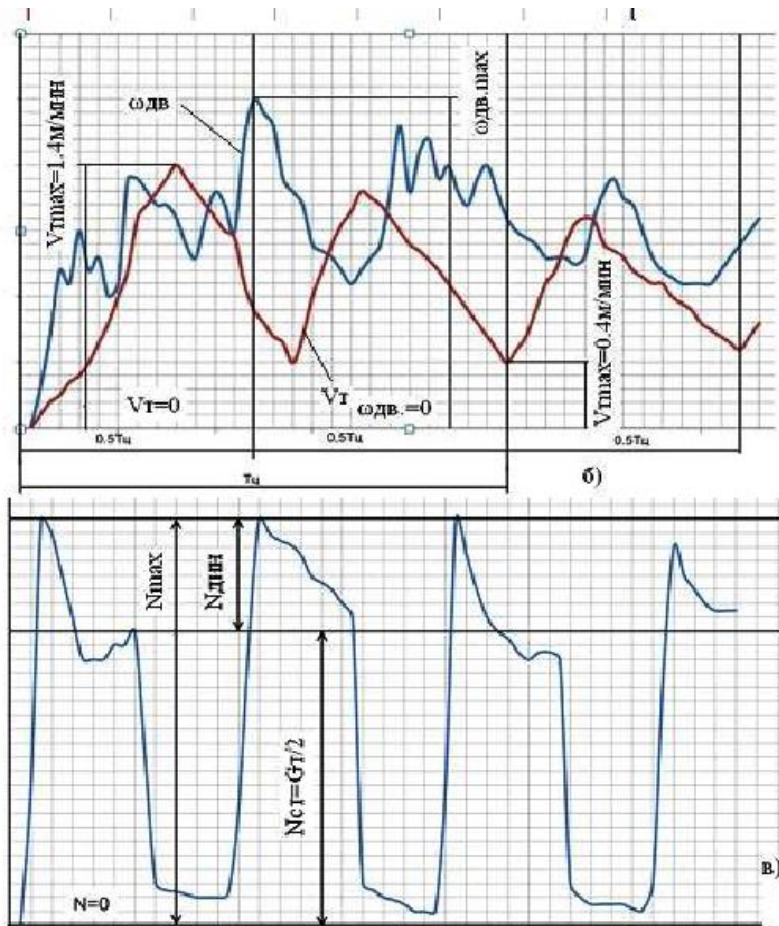


Рисунок 5 – Осцилограми прямолінійного руху: а) кінематичні параметри, б) силові параметри

Аналіз графіків (див. рис 2, 5) зміни параметрів показує:

- Моменти на валу ексцентрика змінюються за період руху (один цикл 6,5с) згідно із законом косинусів, причому на $\frac{1}{2}$ циклу шагання доводиться режим рекуперації енергії (при опусканні машини);

- Потужність за один цикл руху змінюється від $P_{max} \approx 1.4 P_{ном}$ до $P_{min} \approx 0.4 P_{ном}$;
- Зусилля на валу ексцентрика змінюються в досить широких межах і при тому, що спирається на стійку (ногу) виникає $F_{дін} = k F_x F_{р. max}$ з коефіцієнтом динаміки $k_d > 2$, що для роботи деталей ходу небажано;

- Розрахункові значення швидкості $V_t(x)$ близьке до експериментального, а значення швидкості $V_t(y)$ в деякі моменти в 2 рази перевищує $V_t(x)$.

В цілому перевірка показала, що ММ адекватна до фізичної моделі і розбіжності складають до 15% [4].

- Розрахункові значення швидкості $V_t(x)$ близьке до експериментального, а значення швидкості $V_t(y)$ в деякі моменти в 2 рази перевищує $V_t(x)$.

Висновки: У результаті виконаної роботи були розроблені розрахункові схеми, математична та фізична моделі крокуючого механізму стосовно одноківшевих екскаваторів. Теоретично установлені межі зміни силових і кінематичних параметрів за різних умов роботи. На основі теорії фізичного моделювання визначені основні масштабні коефіцієнти геометричних, кінематичних і силових параметрів моделі й натури для крокуючого механізму стосовно до екскаватора ЕКГ-10Н. Це дозволило провести синтез крокуючого механізму й опорної частини, виявити параметри, які впливають на процес переміщення й вибрати їхнє раціональне значення для різних умов роботи, досліджувати вплив цих параметрів на енергоємність процесу переміщення екскаватора й обґрунтувати раціональне співвідношення силових і кінематичних параметрів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. України UA.46019.C2 Крокуючий хід переважно для важких кар'єрних – екскаваторів – лопат /Марченко А. І., Буренко О.Г., Калашніков О.Б., Літвінов Л.І.; заявник і патентовласник ЗАТ НКМЗ. -№97105194; заявл. 24.02.1999; опуб. 15.05.09, Бюл. №5. – С. 6.
2. Семенченко А. К. Теоретические основы анализа и синтеза горных машин и процесса их восстановления как динамических систем / Семенченко А. К., Кравченко В. М., Шабает О. Е. – Донецк : РВА ДонНТУ, 2002. – 302 с.
3. Семенченко А. К. Научные основы многокритериального синтеза горных машин как пространственных многомассовых динамических систем переменной структуры : дис. ... доктора техн. наук: 05.05.06 «Горные машины» / Семенченко Анатолий Кирилович. – Донецк, 1997. – 323 с.
4. Мизин В. А. Обоснование структуры и параметров подвески телескопического стрелового исполнительного органа проходного комбайна: дис. ... канд. техн. наук : 05.05.06 / Мизин Вадим Александрович. – Донецк, 2007. – 173 с.
5. Крупко И. В. Исследование силовых и кинематических параметров в четырехопорном шагающем движителе экскаватора / И. В. Крупко // Сборник научных трудов. – Алчевск : ДГТУ, 2010. – № 1. – 592 с.

И.В. Крупко

ДГМА «Донбасская государственная машиностроительная академия»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ШАГАЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ МОЩНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Аннотация: Приведенная расчетная схема механизма передвижения и проведены теоретические и экспериментальные исследования, на основе которых получены зависимости для определения силовых, кинематических параметров шагающего четырехопорного механизма, которые описывают процесс передвижения карьерного экскаватора с четырехопорным шагающим движителем.

Ключевые слова: экскаватор, функционально законченный элемент, четырехопорный шагающий движитель, механизм передвижения, эксперимент

I. Krupko

DGMA "Donbass State Machine-Building Academy"

MODELING OF THE CROSSING MECHANISMS OF MOBILE MOBILE MOBILE MOBILE EXCAVATORS

Annotation: The calculation scheme of the movement mechanism is presented and theoretical and experimental studies were carried out, on the basis of which dependences were obtained for determining the force, kinematic parameters of the walking four-bearing mechanisms that describe the process of moving a quarry excavator with four-track walking propeller.

Key words: excavator, functionally complete element, four-track walking propeller, movement mechanism, experiment

В.М.Куцербов (канд.техн. наук, доц.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Є.В.Панасенко,

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ ШАХТНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

Анотація: Розглянуті основні завдання моделювання пожеж у вугільних шахтах, розрахунок стійкості повітряних струменів при пожежах в похилих гірничих виробках та розрахунок оптимальних маршрутів виведення гірників при пожежах за допомогою "IRS Вентиляція - ПЛА".

Ключові слова: вентиляційна мережа, пожежні гази, задимлення, гірнича виробка, аварія, маршрут.

Постановка проблеми. Дослідження можливостей комп'ютерної моделі шахтної вентиляційної мережі в умовах аварійної ситуації

Аналіз попередніх досліджень. У попередніх дослідженнях було розглянуто основні завдання та можливості програмного комплексу "IRS Вентиляція - ПЛА".

Мета роботи. Визначити можливості програмного комплексу "IRS Вентиляція – ПЛА в умовах аварійної ситуації, пожежах та задимленнях шахтних виробок.

Викладення основного матеріалу дослідження. Моделювання шахтної вентиляційної мережі виконується за допомогою апаратно-програмного комплексу "IRS Вентиляція - ПЛА". Програмний комплекс призначений для рішення завдань протиаварійного захисту, підготовки шахт до ліквідації аварій, інформаційного забезпечення й створення безпечних умов праці у вугільних шахтах по фактору вентиляції.

Розрахункові завдання програмного комплексу дозволяють проводити:

- розрахунок розподілу повітря по гірничим виробкам;
- прогноз ефективності регулювання розподілення повітря;
- вибір і заміну вентиляторів головного провітрювання;
- оцінку небезпеки "закорочування" вентиляційних струменів для виїмкових ділянок і підготовчих вибоїв;
- оцінку наслідку аварій;
- побудова зони поширення пожежних газів при пожежах і перелік робочих місць, що потрапляють у цю зону;
- автоматизований розрахунок стійкості вентиляційних струменів при пожежах у похилих виробках;
- побудова зони поширення пожежних газів при пожежах;

Віртуальна модель шахтної вентиляційної мережі дозволяє оперативно вирішувати всі питання, пов'язані з керуванням провітрюванням гірничих виробок у нормальних і аварійних умовах.

У разі виникнення підземних пожеж у виробках, розташованих за ходом вентиляційного струменя поширюються продукти горіння. Пересування людей по таким виробках можливо тільки з використанням засобів захисту органів дихання - в респіраторах або саморятувальниках.

При екзогенній пожежі в похилих гірничих виробках виникає додаткове джерело тяги - теплова депресія пожежі. Дія теплової депресії пожежі вносить зміни в розподіл повітря у

виробках аварійної ділянки і, за певних умов, може призвести до перекидання (зміни напрямку руху) повітряних струменів в аварійній або прилеглих до неї гірничих виробках.

Завдання «Моделювання пожежі» дозволяє визначити величину теплової депресії пожежі в похилій гірничій виробці, розрахувати аварійне розподіл повітря, визначити місця можливого перекидання (зміни напрямку руху) повітря, виділити все вироблення, в які потрапляють пожежні гази (зона загазування).

При підземних пожежах гірники з аварійних і загрозливих ділянок виводяться у виробки зі свіжим повітрям і далі на поверхню. Час перебування гірників у виробках з продуктами горіння не повинно перевищувати часу захисної дії саморятівників.

При визначенні часу виходу людей (в саморятувальниках) з аварійних ділянок по загазованих виробках на шахтах керуються такими положеннями:

1. В розрахункові маршрути аварійного виходу людей в саморятувальниках включають протяжність задимлених виробок по ходу повітряного струменя повітря від місця можливого вогнища пожежі і до сполучення з виробленням, провітрюваної свіжим струменем повітря.

Для добувних ділянок при розрахунках маршрутів аварійного виходу слід включати протяжність конвеєрного штреку, самої лави і вентиляційного штреку до виходу в вироблення зі свіжим повітрям.

2. При наявності двох і більше маршрутів виходу людей з аварійних ділянок перевагу слід віддавати тим маршрутом, по якому час виходу буде меншим або тому який, за умовами розвитку пожежі, є більш безпечним,

3. Якщо у виробках аварійної маршруту є засоби механічної доставки людей, то в ПЛА передбачають роботу цих пристроїв в період евакуації людей з аварійних ділянок, але тривалість виходу людей в саморятувальниках визначають виходячи з умов пересування людей пішки.

4. Швидкість пересування гірників в саморятувальниках по задимленим гірським виробках (враховуючи найгірший варіант - сильну задимленість виробок), в відповідно до кута нахилу і висотою виробок, приймається згідно з чинними нормативам.

Група завдань «Маршрути руху ДВГРС» (в складі групи «Аварійні умови») дозволяє розраховувати оптимальні за часом руху відділень професійних рятувальників на розвідку, ліквідацію аварії або транспортування потерпілого. Інтерфейс і порядок вирішення завдань близький до інтерфейсу завдання «Маршрути виведення гірників». Відмінність полягає в наступному:

1. Швидкість пересування відділень ДВГРС в шахті визначається відповідно до Статуту ДВГРС, причому значення швидкості виходить шляхом інтерполяції між граничними її значеннями з Статуту ДВГРС;

2. Попередньо на схемі вентиляції необхідно намітити (і запам'ятати) номери початкового і кінцевого вузлів передбачуваного маршруту. Для розвідки - це нижній вузол стовбура, по якому передбачається спуск відділення в шахту і вузол на аварійній ділянці в який необхідно дійти. Щоб мати змогу здійснювати відділення на ліквідацію пожежі необхідно вказати тільки перший з вузлів, другий розраховується як вузол з боку свіжого струменя в пожежній виробленні. Для транспортування потерпілого - більш віддалений вузол у виробленні, де виявлений потерпілий і нижній вузол стовбура, по якому передбачається підйом постраждалого на поверхню.

3. Завдання відділення визначаються з меню, що випадає, що містить 3 пункти - розвідка, ліквідація пожежі або транспортування потерпілого.

Далі проводиться розрахунок необхідної маршруту, результати якого оформлюються в вигляді таблиці, отриманий маршрут відображається на схемі вентиляції і може бути при необхідності роздрукований в табличному або графічному вигляді.

Після складання позицій ПЛА розробляються правила поведінки для працівників кожної ділянки шахти з описом маршруту виходу шахтарів (при виявленні диму) з усіх

робочих місць даної ділянки із зазначенням часу руху до вироблення з найближчої свіжим струменем повітря. Маршрути виходу розробляються як для нормального, так і для реверсивного режимів провітрювання шахти.

Висновки. Використання програми дозволило автоматизувати розрахунки стійкості вентиляційних струменів при пожежах в похилих виробках і побудова маршрутів руху людей в аварійних ситуаціях. Віртуальна модель шахтної вентиляційної мережі дозволяє оперативно вирішувати всі питання, пов'язані з управлінням провітрюванням гірничих виробок в нормальних і аварійних умовах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Трофимов В.О, Булгаков Ю.Ф., Кавєра О.Л., Харьковский М.В. Аерология шахтных вентиляционных сетей. — Донецьк, 2009. — 87 с.
2. Статут ДВГРС по організації і веденню гірничорятувальних робіт. — Київ, 1997 — 454 с.
3. СП Интерсофт: - [Программное обеспечение] [Электронный ресурс] Комплекс программ "IRS Вентиляция - ПЛА". - Режим доступа: <http://intersoft.ukrbiz.net/program.html>
4. Сайт проекта IRS вентиляция шахт – ЭПЛА [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://winven.galayko.net/>
5. Каледіна І.О., Романченко С.Б., Трофимов В.О. Комп'ютерне моделювання шахтних вентиляційних мереж: Методичні вказівки. — М.: Видавництво МГГУ. 2004 — 72 с.
6. Каледіна І.О., Романченко С.Б., Трофимов В.О., Горбатов В.А. Комп'ютерне моделювання задач протипожежного захисту шахт: Методичні вказівки. — М.: Видавництво МДГУ. 2004 — Частина 1. — 45 с.

В.М.Куцєрубов

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Є.В.Панасенко

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ШАХТНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СЕТИ

Аннотация: Рассмотрены основные задачи моделирования пожаров в угольных шахтах, расчет устойчивости воздушных струй при пожарах в наклонных горных выработках и расчет оптимальных маршрутов вывода горняков при пожарах с помощью "IRS Вентиляция - ПЛА».

Ключевые слова: вентиляционная сеть, пожарные газы, задымление, горная выработка, авария, маршрут.

V.M. Kutserubov

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

E.V. Panasenko

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

RESEARCH OPPORTUNITIES COMPUTER MODEL OF MINE VENTILATION NETWORK

Annotation: The main task of modeling of fires in coal mines, air jets calculation stability at fires in inclined mine workings and calculation of optimal routes withdrawal of miners in fires using "IRS Ventilation - PLA."

Key words: ventilation network, fire gases, smoke, mining, accident, route.

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЕКОНОМАЙЗЕРА ПАРОВОГО КОТЛА

Анотація: У статті розглянуто питання отримання математичної моделі економайзера – однієї з головних складових частин парового котла. Відзначено особливості експлуатації парових котлів, що роблять їх об'єктами, складними для управління. Проведено аналіз попередніх досліджень, присвячених побудові математичних моделей парових котлів. Прийняті припущення, що спростують побудову математичної моделі без суттєвої втрати її точності. На основі рівнянь маси, енергії та імпульсу отримано систему нелінійних рівнянь, що дозволяють моделювати роботу економайзера. Відзначено доцільність проведення лінеаризації отриманої моделі в околі робочої точки з метою її спрощення.

Ключові слова: паровий котел, економайзер, математична модель, рівняння стану, безперервність рівнянь, енергетичний баланс

Постановка проблеми. Котел являє собою закриту ємність, в якій відбувається перетворення води в пару. Пара під тиском використовується для передачі тепла. Вода є простим і найдешевшим засобом для утворення пари. Об'єм води збільшується приблизно у 1600 разів при кипінні, тиск у котлі при цьому майже дорівнює

тиску вибуху пороху. Це робить котли надзвичайно небезпечними в експлуатації.

Паровий котел має дуже високу вартість виробництва, експлуатаційні витрати і витрати на технічне обслуговування. В процесі експлуатації котла необхідно контролювати його параметри, оскільки високі тиск і температура є основними чинниками небезпеки, що утворюють ризик вибуху.

Умови експлуатації парового котла є дуже складними для управління, так як всі змінні (тиск, температура, витрата, рівень) взаємопов'язані. Отримання вимірювань безпосередньо на котлі дуже складне через небезпеку, що впливає з умов експлуатації, і не економічне.

Альтернативним методом отримання інформації про стан об'єкта, є моделювання. Моделювання являє собою спосіб представлення поведінки реального процесу за допомогою математичної моделі.

Серед переваг використання математичних моделей можна відмітити наступні [2]:

- процес може бути проаналізована «в глибину», для визначення змінних і параметрів, що є критичними і істотно впливають на загальну поведінку системи;
- моделі можуть бути використані для навчання операторів;
- за їх допомогою можна визначити оптимальні умови експлуатації.

Аналіз попередніх досліджень. Розробка ефективної стратегії управління котлом в значній мірі залежить від наявності його оптимальної моделі. Це добре видно з огляду літератури, присвяченої управлінню котлами, значна частина якої присвячена обговоренню методів моделювання котла. Модель необхідна як для оптимізації регулятора, так і як тренажер для тестування нових стратегій управління. Надійний тренажер має особливо важливе значення для управління котлом, так як виконання попередніх випробувань на реальній котельні не представляється можливим з міркувань безпеки. Моделі, описані в літературі, можна поділити на два класи:

1. Моделі, отримані за допомогою законів фізики і хімії. Моделі цього класу дають уявлення про фізичні процеси, що відбуваються в котлі. Вони використовують фізичні параметри, такі як маса і об'єм, що можуть бути отримані безпосередньо з котельної установки. Можуть бути використані для тестування нових стратегій управління або для навчання операторів заводу. Ці моделі вимагають значних зусиль по розробленню і можуть включати в себе велике обчислювальне навантаження.

2. Моделі котла, засновані на даних, які синтезуються на основі даних процесу з використанням методів ідентифікації систем. Ці моделі мають ту перевагу, що можуть бути

синтезовані набагато швидше, ніж моделі першого класу. Тим не менш, вони не є універсальними і не забезпечують фізичне розуміння процесу. Обчислювальні накладні витрати ідентифікації та обчислення моделі на основі даних можуть бути зменшені шляхом обмеження порядку цих моделей. Так, наприклад, лінійні моделі здатні передбачати поведінку об'єкта тільки в одній конкретній робочій точці. Моделі на основі даних використовуються, як правило, для оптимізації управління.

У деяких випадках поєднання фізичних рівнянь і рівнянь на основі даних можуть використовуватись для опису котельні. Рівняння на основі даних можуть бути використані для моделювання складного фізичного процесу, такого як випаровування, наприклад, що є більш економним, ніж його фізичний опис.

Однією з найбільш ранніх моделей котла першого класу була розроблена в 1958 році [3]. Вона являла собою модель котельні з природною циркуляцією. Пара і вода в котлі не розглядалась як такі, що безперервно перебувають в насиченій рівновазі, і моделювалися окремо. У 1970 році Кван і Андерсон представили ширшу модель котла з турбіною [4]. Ця модель включала в себе економайзер, два пароперегрівачі, парохолоджувач, турбіну і проміжний паропідігрівач. Перша модель, що порівнювалась з фактичними даними об'єкта, була розроблена МакДональдом в 1971 році [5]. Вона і на даний момент є однією з найбільших актуальних моделей котла-турбоагрегата. Астром і Еклунд застосували комбінацію евристичного і фізичного підходу для моделювання блоку котла котла-турбіни [6]. Дослідження експериментальних даних привели їх до використання нелінійної моделі першого порядку для опису поведінки об'єкта в діапазоні від половинної до повної потужності. Тиссо спробував розробити модель котла з мінімальною кількістю характеристичних параметрів і змінних стану, яка б підходила для ідентифікації «на льоту» [7]. Отримана модель є економною, але включає в себе важливу динаміку котла. Проста, нелінійна модель, що може використовуватись для розробки стратегій управління, отримана у [8]. Ця модель має тільки три змінних стану – обсяг води котла, тиск у котлі і якість пари – і вимагає тільки шість фізичних параметрів, які можуть бути отримані з конструкційних параметрів котла. Ця модель стала основою для моделі четвертого порядку [9], яка застосовує інший метод передбачення рівня води в барабані. Четвертий стан використовується для моделювання об'єму пара під водою в котлі. Модель, описана в [8], була взята за основу для розробки удосконаленої моделі Пеллегрінеті і Бентсманом [10], в якій збурення навантаження моделюються як положення уявного клапана на виході котла. Це уявне положення клапана ефективно замінює потік пара в якості вхідних даних моделі і значно підвищує достовірність моделі. Для моделювання надлишку кисню в димових газах в модель введене нелінійне рівняння згоряння з ланкою відставання першого порядку.

Мета статті. Метою роботи є підвищення точності моделі парового котла як об'єкта управління в задачах синтезу автоматичних систем управління та при розробці ефективної стратегії управління, шляхом отримання математичної моделі однієї з головних його складових частин – економайзера.

Викладення основного матеріалу дослідження. Економайзер – елемент котлоагрегату, теплообмінний апарат, в якому живильна вода, що надходить з аератора, перед подачею в котел підігрівається димовими газами, і який служить для підвищення коефіцієнта корисної дії, що в кінцевому підсумку призводить до зниження споживання енергоносіїв [11].

Економайзер нагрівається конвекцією, тобто гарячими димовими газами, що протікають через нього. Для обчислення кількості тепла, що передається економайзеру, необхідно визначити масову витрату продуктів згоряння. Економайзер є простим теплообмінником і може бути змодельований трьома зосередженими системами – газовою зосередженою системою, зосередженою системою металу і зосередженою системою рідини. Газова зосереджена система передає тепло до зосередженої системи металу, яка, в свою чергу передає тепло до зосередженої системи рідини.

При отриманні моделі економайзера зроблені наступні припущення [12]:

- економайзер містить охолоджену воду;
- масова витрата рідини через економайзер залишається постійною;

– тепло не втрачається через стінки економайзера.

Модель базується на безперервності рівнянь маси, енергії та імпульсу.

Газові зосереджені системи моделюються по безперервності енергетичних і масових рівнянь [12]. Кожна газова зосереджена система являє собою об'єм газу, що передає тепло до зосередженої системи металу і має рівномірне розподілення температури. Для цілей моделювання передбачається, що гази утворюються в камері згоряння і проходять спочатку через труби теплообмінника, а потім економайзера. Безперервність рівнянь енергії використовується для відстеження передачі енергії, накопиченої в кожному газовому тракті. Приймається, що тиск газів підтримується постійним за допомогою вентиляторів. Тоді масова витрата газу є постійною в кожній точці топки і стійкий стан безперервності рівняння мас можна використовувати для кожного шляху проходження газу. Ще одним наслідком усталеного стану потоку витрати маси є те, що імпульс газу залишається постійним, а безперервність рівняння імпульсу також має стійкий стан.

Металеві зосереджені системи моделюються тільки безперервністю енергетичних рівнянь, оскільки безперервність рівнянь маси і імпульсу не є необхідними для твердих речовин з фіксованою масою і нульовою швидкістю [12].

Для зосереджених гідравлічних систем використовуються рівняння безперервності маси, енергії та імпульсу.

Рівняння безперервності використовують ряд термодинамічних властивостей, таких як щільність, ентальпія і питома теплоємність. Ці властивості не можуть бути використані як виходи моделі, оскільки вони не можуть бути безпосередньо зв'язані з вимірюваними термодинамічними властивостями, такими як температура і тиск. Проте, існують тісні зв'язки між усіма термодинамічними змінними речовини, які визначаються станом речовини, тобто, тверде тіло, газ чи охолоджена вода. Для того щоб розв'язати систему рівнянь безперервності і отримати рівняння для змінних стану, необхідно знати термодинамічне співвідношення між цими змінними.

Рівняння безперервності можуть також включати в себе змінні, які не є ні термодинамічними характеристиками, ні змінними стану. Такі змінні розраховуються з змінних стану і вхідних параметрів моделей і, таким чином, називаються залежними змінними. Типова залежна змінна – швидкість теплопередачі.

Баланс маси газу в економайзері. Питома масова витрата газу через економайзер приймається сталою величиною і дорівнює швидкості генерації маси газоподібних продуктів згоряння.

$$m_{egi} = m_{ego} = m_g. \quad (1)$$

Енергетичний баланс газу економайзера. Газоподібні продукти згоряння надходять з теплообмінника в економайзер. Енергія що залишилися в газах, частково передається рідині в економайзері, решта зберігається в газоподібних продуктах згоряння, що залишають економайзер.

$$\frac{d}{dt}[\rho_{ego}, V_{eg}, m_g, c_{eg}, T_{ego}] = m_g (c_{rg2} T_{rg2o} - c_{eg} T_{ego}) - Q_{egm}. \quad (2)$$

Температура газу економайзера. Температура обрана в якості змінної стану для опису енергії газу економайзера, так як вона пов'язана з нею і є одночасно виходом об'єкта управління. Рівняння зміни швидкості температури газу економайзера отримуємо за рахунок перетворення балансу енергії газу економайзера.

$$\frac{dT_{ego}}{dt} = \frac{m_g (c_{rg2} T_{rg2o} - c_{eg} T_{ego}) - Q_{egm}}{\rho_{ego} V_{eg} c_{eg}}. \quad (3)$$

Енергетичний баланс металу економайзера. Енергія металу трубок економайзера

збільшується за рахунок енергії, одержаної від газоподібних продуктів згоряння і зменшується за рахунок енергії, що передається рідині в економайзері.

$$\frac{d}{dt}[\rho_{em}, V_{em}, c_{em}, T_{em}] = Q_{egm} - Q_{em}. \quad (4)$$

Баланс мас рідини економайзера. Масова витрата рідкого середовища через економайзер вважається сталою і дорівнює швидкості потоку живильної води в котлі. Це припущення виправдано на тій підставі, що економайзер містить охолоджену воду, яка практично нестискається. В результаті, будь-яка зміна швидкості потоку живильної води буде передана практично миттєво на вхід і вихід економайзера. Це припущення означає, що тиск рідини економайзера є постійним, так як коливання тиску не може відбуватися без перехідних різниць між вхідною і вихідною масовими витратами економайзера.

$$m_{ei} = m_{eo} = m_{fw}. \quad (5)$$

Температура металу економайзера. Температура обрана в якості змінної стану для енергії металу економайзера, оскільки вона зв'язана з енергією металу і являє собою вихід об'єкта. Рівняння зміни швидкості температури металу економайзера:

$$\frac{dT_{em}}{dt} = \frac{Q_{egm} - Q_{em}}{\rho_{em} V_{em} c_{em}}. \quad (6)$$

Енергетичний баланс рідини економайзера. Рівняння енергії рідини економайзера описує передачу енергії рідини в економайзері шляхом порівняння вхідної і вихідної швидкостей енергетичного потоку.

$$\frac{d}{dt}[V_e, \rho_{eo}, h_{eo}] = Q_{emf} + m_{fw} h_{fw} - m_{eo} h_{eo}. \quad (7)$$

Рідина економайзера змодельована за допомогою однієї тільки динамічної безперервності енергетичного рівняння [12]. Це рівняння показує, що енергія охолодженої рідини пропорційна добутку щільності рідини і ентальпії. У загальному випадку щільність і ентальпія охолодженої рідини є двома незалежними термодинамічними властивостями, і, таким чином це рівняння не можливо вирішити. Однак, в даному випадку зроблено припущення про постійність тиску рідини, а отже, різниця в щільності або ентальпії пов'язані тільки зі змінами температури. Перепишуючи щільність і ентальпію як функції температури, безперервність енергетичного рівняння можна переписати у вигляді рівняння тільки з однією незалежною змінною – температурою.

По-перше, енергетичне рівняння економайзера необхідно розширити за допомогою правила добутку:

$$V_e \rho_{eo} \frac{dh_{eo}}{dt} + V_e h_{eo} \frac{d\rho_{eo}}{dt} = Q_{emf} + m_{fw} h_{fw} - m_{eo} h_{eo}. \quad (8)$$

По-друге, швидкості зміни щільності та ентальпії повинні бути записані з точки зору швидкості зміни температури і тиску. Рівняння, що використовуються нижче, отримані з термодинамічних рівнянь стану.

$$\frac{d\rho_{eo}}{dt} = \frac{\delta\rho_{eo}}{\delta T_{eo}} \frac{dT_{eo}}{dt} \quad (9)$$

$$\frac{dh_{eo}}{dt} = \frac{\delta h_{eo}}{\delta T_{eo}} \frac{dT_{eo}}{dt}. \quad (10)$$

Підставляючи вирази (9) і (10) в рівняння (7) його можна переписати у вигляді рівняння швидкості зміни температури рідини економайзера:

$$\frac{dT_{eo}}{dt} = \frac{Q_{emf} + m_{fw}(h_{fw} - h_{eo})}{V_e \left(\rho_{eo} \frac{\delta h_{eo}}{\delta T_{eo}} + h_{eo} \frac{\delta \rho_{eo}}{\delta T_{eo}} \right)}. \quad (11)$$

За отриманими рівняннями складаємо структурну схему лівої частини моделі економайзера (рис. 1).

Передача теплоти від газу до металу економайзера приймається конвекцією і розраховується за допомогою емпіричного рівняння [4].

$$Q_{egm} = k_{egm} m_g^{0,6} (T_{ego} - T_{em}). \quad (12)$$

Передача тепла від металу до рідини економайзера також приймається конвекцією і розраховується за допомогою емпіричного рівняння [4].

$$Q_{emf} = k_{emf} m_{eo}^{0,8} (T_{em} - T_{eo}). \quad (13)$$

За допомогою рівнянь (12); (13) доповнюємо структурну схему моделі економайзера правою частиною (рис. 1).

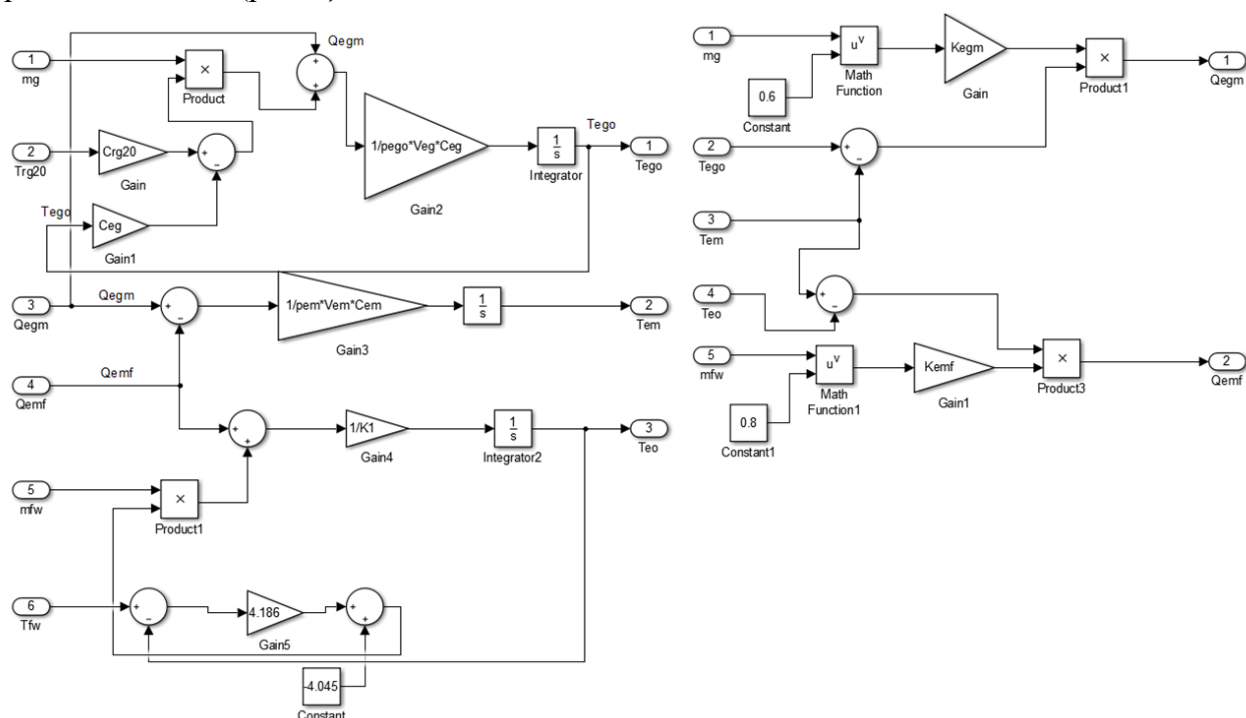


Рисунок 1 – Модель економайзера в середовищі імітаційного моделювання Matlab Simulink

Висновки. Розроблена аналітична модель економайзера – однієї з головних частин парового котла. Модель економайзера отримано шляхом розбиття його на три підсистеми з зосередженими параметрами, що дозволяє значно спростити модель при незначній втраті її точності. Отримана модель є нелінійною системою, що ускладнює її застосування при синтезі систем автоматичного регулювання. Оскільки параметри роботи економайзера не значно змінюються протягом більшості часу його роботи в деякому, досить незначному діапазоні значень, наступним кроком доцільно виконати лінеаризацію моделі економайзера в околі робочої точки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Makovicka J. Mathematical modelling of steam and flue gas flow in a heat exchanger of a steam boiler / J. Makovicka, V. Havlena, M. Beneš. // Proceedings of ALGORITMY-2002 : Conference of Scientific Computing. – 2002. – pp. 171–178.
2. Bujak J. Mathematical modelling of a steam boiler room to research thermal efficiency / J. Bujak. // Energy. – 2008. – Vol. 33. – pp. 1779–1787.
3. Chien K. Dynamic Analysis of a Boiler / K. Chien, E.I. Ergin, C. Ling, A. Lee. // 4th Instruments and Regulators Conf. Of the ASME, April, 1958, Delaware, USA. – 1958. – pp. 1809-1819.
4. Kwan H.W. A Mathematical Model of a 200 MW Boiler / H.W. Kwan, J.M. Anderson. // International Journal of Control. – 1970. – Vol. 12, No. 6. – pp. 977-998.
5. McDonald J.P. Nonlinear Model for Reheat Boiler Turbine-Generator Systems Parts I and II / J.P. McDonald, H.G. Kwatny, J.H. // A – Development : Proceedings of the 12th JACC, St. Louis. – 1971. – pp. 227-236.
6. Astrom K.J. A simplified non-linear model of a drum boiler-turbine unit / K.J. Astrom, K. Eklund. // International Journal of Control. – 1972. – Vol. 16. – pp. 145-169.
7. Tyso A. Modelling and Parameter Estimation of a Ship Boiler / A. Tyso. // Automatica. – 1981. – Vol. 17, No.1. – pp. 157-166.
8. Astrom K.J. A Nonlinear Model for Steam Generation Processes / K.J. Astrom, R.D. Bell. // Proc. IF AC, Sydney, Australia. –1993. – pp. 395-398.
9. Astrom K.J. A Fourth Order Nonlinear Model for Drum-Boiler Dynamics / K.J. Astrom, R.D. Bell. // Proc. IF AC, San Francisco, USA. – 1996. – pp. 31-36.
10. Pellegrinetti G. Nonlinear Control Oriented Boiler Modeling – A Benchmark Problem for Controller Design / G. Pellegrinetti, J. Bentsman. // IEEE Trans, on Control Systems Technology, January, 1996. – 1996. – Vol. 4, No. 1. – pp. 57-64.
11. Варфоломеев Ю. М. Отопление и тепловые сети / Ю. М. Варфоломеев, О. Я. Кокорин. – М.: Инфра, 2012. – 480 с.
12. Molloy B.E. Modelling and Predictive Control of a Drum-Type Boiler / B.E. Molloy. – Dublin, Republic of Ireland : School of Electronic Engineering, 1997. – 307 p.

Д.Н. Нелюба

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭКОНОМАЙЗЕРА ПАРОВОГО КОТЛА

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы получения математической модели экономайзера – одной из главных составных частей парового котла. Отмечены особенности эксплуатации паровых котлов, которые делают их объектами, сложными для управления. Проведен анализ предыдущих исследований, посвященных построению математических моделей паровых котлов. Приняты предположения, упрощающие построение математической модели без существенной потери ее точности. На основе уравнений массы, энергии и импульса получена система нелинейных уравнений, позволяющих моделировать работу экономайзера. Отмечена целесообразность проведения линеаризации полученной модели в окрестности рабочей точки с целью ее упрощения.

Ключевые слова: паровой котел, экономайзер, математическая модель, уравнение состояния, непрерывность уравнений, энергетический баланс

D. Neliuba

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

STEAM BOILER ECONOMIZER MATHEMATICAL MODEL DEVELOPMENT

Annotation: In the article mathematical model obtaining questions of economizer – one of steam boiler main components – are considered. Steam boilers operation features, which make

them objects that are difficult to control, are noted. Analysis of previous researches devoted to steam boilers mathematical models construction is carried out. Assumptions that simplify mathematical model construction without significant loss of its accuracy are accepted. On mass, energy, and momentum equations basis system of nonlinear equations is obtained that allow one to simulate economizer work. Expediency of obtained model linearization in working point locality is noted with aim of simplifying it.

Keywords: steam boiler, economizer, mathematical model, state equation, equations continuity, energy balance

УДК 621.311

В. Ф. Сивокобиленко, (д.т.н., проф.)
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

В. В. Запорожченко,
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМУ ПУСКА СИНХРОННОГО ДВИГУНА

Анотація: У даній роботі був розглянут синхронний двигун типу ДСЗ -2209-60. Виконано моделювання режиму пуску синхронного двигуна, зняті показники синхронного двигуна. Запропоновані варіанти застосування інших систем.

Ключові слова: моделювання, синхронний двигун, режим пуску, явнополюсні, момент, ротор, інтервал.

Постановка проблеми. Синхронний двигун не має початковий пусковий момент. Якщо його підключити до мережі змінного струму, коли ротор нерухомий, а по обмотці збудження проходить постійний струм, то за один період зміни струму, електромагнітний момент буде двічі змінювати свій напрямок, т. е. середній момент за період дорівнює нулю. При цих умовах двигун не зможе прийти в обертання, так як його ротор, що володіє певною інерцією, не може бути протягом одного напівперіоду розігнаний до синхронної частоти обертання. Отже, для пуску синхронного двигуна необхідно розігнати його ротор за допомогою зовнішнього моменту до частоти обертання, близької до синхронної.

Аналіз попередніх досліджень. Явнополюсні синхронні двигуни, з метою можливості забезпечення асинхронного пуску забезпечуються пусковою обмоткою, стрижні якої закладаються в полюсні башмаки ротора і електрично з'єднуються між собою, а також зі стрижнями сусідніх полюсних башмаків. В результаті утворюється так звана повна пускова обмотка в осях d і q і обмотка збудження по осі d . Ротора явнополюсних синхронних двигунів виконують з тонких листів електротехнічної сталі, набрані в шіхтованого полюса, тому в першому наближенні явищами витіснення струму та насичення на пускові характеристики у таких двигунів можна знехтувати. Внаслідок цього досить у схемі заміщення ЯСД обійтися одним демпферним контуром по осях d і q з постійними параметрами (рис.1).

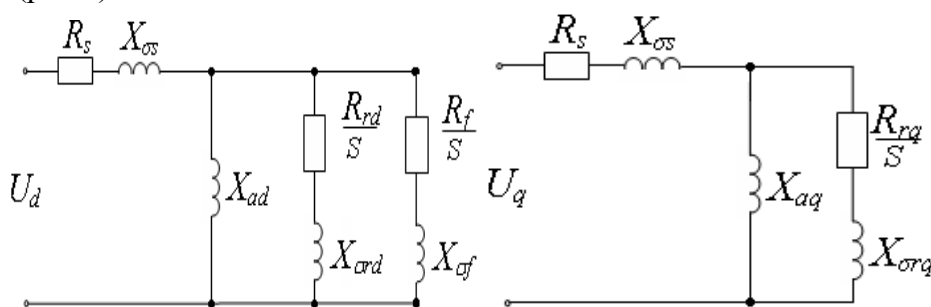


Рисунок 1 – Заступна схема ЯСД по осям d і q .

Мета статті. Розрахувати параметри схеми заміщення для заданого типу синхронного двигуна по його каталожним даним і виконати моделювання пуску двигуна.

Викладення основного матеріалу дослідження. Розглянемо для прикладу синхронний двигун типу ДС3 - 2209 - 60 з наступними каталожними даними:

$$P_H = 2460 \text{ кВт} \quad U_{fH} = 192 \text{ В} \quad U_H = 6000 \text{ В} \quad I_H = 274 \text{ А}$$

$$m_p = 1,5 \quad \cos \varphi_H = 0,9 \quad m_M = 2,3 \quad \eta_H = 0,938$$

$$I_{fH} = 275 \text{ А} \quad T_{f0} = 1,44 \text{ с} \quad \omega = 2 \cdot \pi \cdot 50$$

$$m_H = 1 \quad m_{BXS0,5} = 1,2 \quad K_i = 5,2$$

Синхронний опір по осях q і d

$$X_q = \frac{\sin \varphi_H + \cos \varphi_H \cdot \sqrt{m_M^2 \eta_H^2 - 1}}{m_M^2 \eta_H^2 \cos^2 \varphi_H} = \frac{0,436 + 0,9 \cdot \sqrt{2,3^2 \cdot 0,938^2 - 1}}{2,3^2 \cdot 0,938^2 \cdot 0,9^2 - 1} = 0,778$$

Параметри обмотки збудження знайдемо як:

$$X_{of} = \frac{X_{md}}{K_i \cdot X_{md} - 1} = \frac{1,2}{5,2 \cdot 1,2 - 1} = 0,229$$

$$X_d \cong 1,67 \cdot X_q = 1,67 \cdot 0,778 = 1,3$$

$$X_{\sigma s} = \frac{1}{2 \cdot K_i} = \frac{1}{2 \cdot 5,2} = 0,096$$

$$X_{md} = X_d - X_{\sigma s} = 1,297 - 0,0962 = 1,204$$

$$X_{mq} = X_q - X_{\sigma s} = 0,778 - 0,0962 = 0,682$$

$$R_f = \frac{X_{md} + X_{of}}{\omega_0 \cdot T_{f0}} = \frac{1,2 + 0,229}{3,14 \cdot 1,44} = 0,00316 \text{ о.е.}$$

ЕДС збудження СД в номінальному режимі:

$$E_{fH}^* = \sqrt{1 - \left(\frac{m_H}{m_M}\right)^2} + X_d \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{m_H}{m_M}\right)^2} \cdot \frac{1}{X_q^2} = \sqrt{1 - \left(\frac{1}{2,3}\right)^2} + 1,3 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{1}{2,3}\right)^2} \cdot \frac{1}{0,778^2} = 1,979 \text{ о.е.}$$

$$Z_f^{\text{баз}} = \frac{\sqrt{3} U_H I_H (E_{fH}^*)^2}{I_{fH}^2 (X_{md}^*)^2} = \frac{\sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 274 \cdot 1,979^2}{275^2 \cdot 1,204^2} = 101,738 \text{ Ом}$$

$$R_f = R_f^* \cdot Z_f^{\text{баз}} = 0,00316 \cdot 101,738 = 0,317 \text{ Ом}$$

Активний опір обмотки статора:

$$R_s \cong 0,25 \cdot (1 - \eta_H) = 0,25 \cdot (1 - 0,938) = 0,0155$$

Знаходимо струм статора і пусковий момент при $S = 1$

$$m_d^{\text{II}} \cong 0,8 \cdot m_{\text{II}} \eta_H \cos \varphi_H = 0,8 \cdot 1,5 \cdot 0,938 \cdot 0,9 = 1,013$$

$$m_q^{\text{II}} \cong 1,2 \cdot m_{\text{II}} \eta_H \cos \varphi_H = 1,2 \cdot 1,5 \cdot 0,938 \cdot 0,9 = 1,52$$

$$i_{sd}'' = 1,2 \cdot K_i = 1,2 \cdot 5,2 = 6,24; \quad i_{sq}'' = 0,8 \cdot K_i = 0,8 \cdot 5,2 = 4,16$$

Вхідний опір по осі q:

$$R_{exq}^{s=1} = R_s + \frac{m_q''}{(i_{sq}'')^2} = 0,0155 + \frac{1,52}{4,16^2} = 0,1033$$

$$X_{exq}^{s=1} = \sqrt{\left(\frac{1}{i_{sq}''}\right)^2 - \left(R_{exq}^{s=1}\right)^2} = \sqrt{\frac{1}{4,16^2} - 0,1033^2} = 0,217$$

Загальний опір роторного ланцюга і гілки намагнічування по осі q:

$$R_{rmq}^{s=1} = R_{exq}^{s=1} - R_s = 0,1033 - 0,0155 = 0,0878$$

$$X_{rmq}^{s=1} = X_{exq}^{s=1} - X_{os} = 0,217 - 0,0962 = 0,1209$$

Провідності пускової обмотки по осі q:

$$g_{rq} = \frac{0,878}{0,878^2 + 0,1209^2} = 3,933$$

$$b_{rq} = \frac{0,209}{0,878^2 + 0,1209^2} \cdot \frac{1}{0,682} = 3,95$$

Опір пускової обмотки по осі q:

$$R_{rq} = \frac{g_{rq}}{g_{rq}^2 + b_{rq}^2} \cdot S = \frac{3,933}{3,933^2 + 3,95^2} \cdot 1 = 0,127$$

$$X_{\sigma q} = \frac{b_{rq}}{g_{rq}^2 + b_{rq}^2} = \frac{3,95}{3,933^2 + 3,95^2} = 0,127$$

Вхідний опір по осі d:

$$R_{exd}^{s=1} = R_s + \frac{m_d''}{(i_{sd}'')^2} = 0,0155 + \frac{1,013}{6,24^2} = 0,0415$$

$$X_{exd}^{s=1} = \sqrt{\left(\frac{1}{i_{sd}''}\right)^2 - \left(R_{exd}^{s=1}\right)^2} = \sqrt{\frac{1}{6,24^2} - 0,0415^2} = 0,155$$

Загальний опір роторної ланцюга і гілки намагнічування по осі d:

$$R_{rmdf}^{s=1} = R_{exd}^{s=1} - R_s = 0,0415 - 0,0155 = 0,026$$

$$X_{rmdf}^{s=1} = X_{\text{exd}}^{s=1} - X_{\text{os}} = 0,155 - 0,0962 = 0,0588$$

Провідності та опір пусковий обмотки по осі d:

$$g_{rd} = \frac{R_{rmdf}^{s=1}}{\left(R_{rmdf}^{s=1}\right)^2 + \left(X_{rmdf}^{s=1}\right)^2} - \frac{R_f}{R_f^2 + X_{\text{of}}^2} = \frac{0,026}{0,026^2 + 0,0588^2} - \frac{0,00316}{0,00316^2 + 0,229^2} = 6,23$$

$$b_{rd} = \frac{X_{rmdf}^{s=1}}{\left(R_{rmdf}^{s=1}\right)^2 + \left(X_{rmdf}^{s=1}\right)^2} - \frac{X_{\text{of}}}{R_f^2 + X_{\text{of}}^2} - \frac{1}{X_{md}} =$$

$$= \frac{0,0588}{0,026^2 + 0,0588^2} - \frac{0,229}{0,00316^2 + 0,229^2} - \frac{1}{1,2} = 9,026$$

$$R_{rd} = \frac{g_{rd}}{b_{rd}^2 + g_{rd}^2} \cdot s = \frac{6,23}{6,23^2 + 9,026^2} \cdot 1 = 0,052$$

$$X_{\text{ord}} = \frac{b_{rd}}{b_{rd}^2 + g_{rd}^2} = \frac{9,026}{6,23^2 + 9,026^2} = 0,075$$

Розрахувавши всі необхідні параметри СД, визначимо допоміжні коефіцієнти для складання диференціальних рівнянь:

$$X_{\text{srd}} = (X_{md}^{-1} + X_s^{-1} + X_d^{-1} + X_f^{-1})^{-1}$$

$$X_{\text{srq}} = (X_{mq}^{-1} + X_s^{-1} + X_q^{-1})^{-1}$$

$$a_{sd} = x_{\text{srd}} * x_s^{-1} \quad a_{sd} = 0,358$$

$$a_{rd} = x_{\text{srd}} * x_d^{-1} \quad a_{rd} = 0,463$$

$$a_{sq} = x_{\text{srq}} * x_s^{-1} \quad a_{sq} = 0,527$$

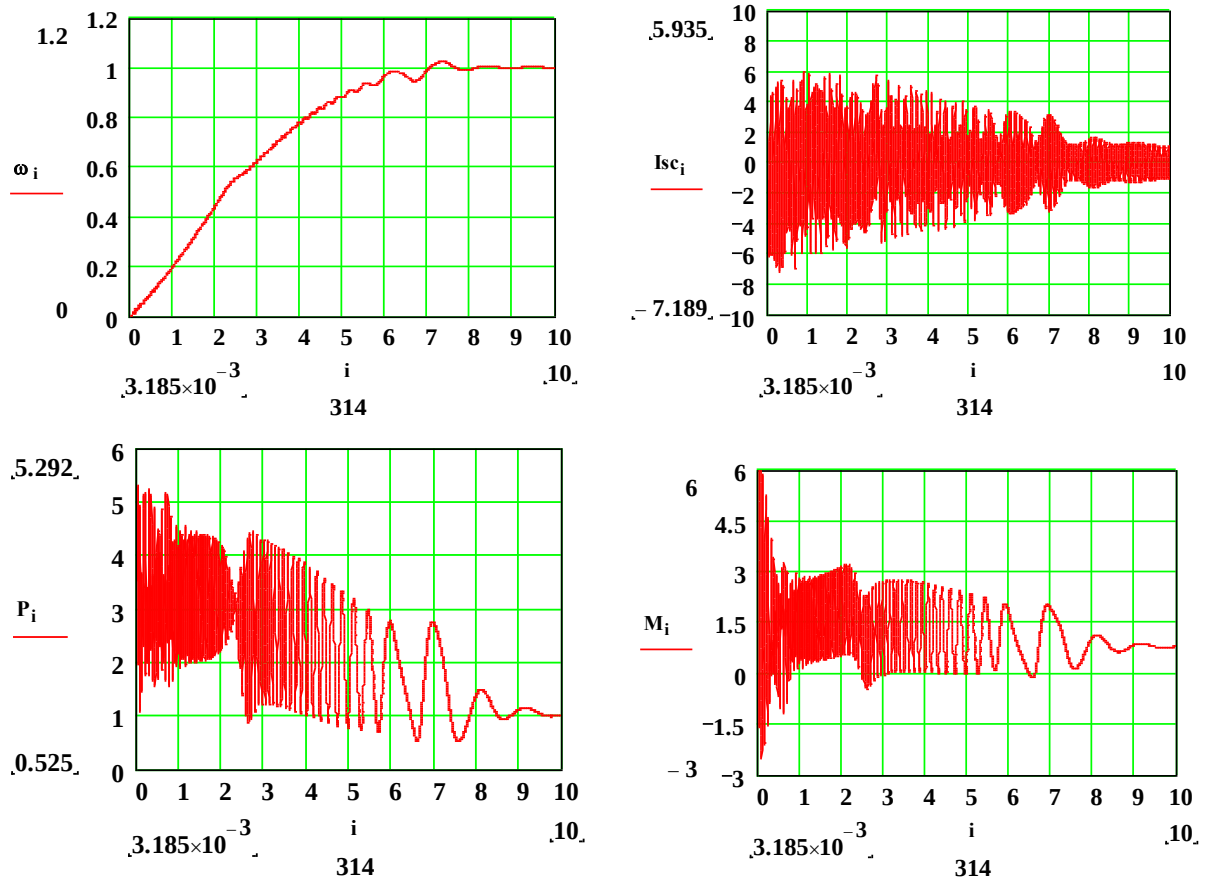
$$a_{rq} = x_{\text{srq}} * x_q^{-1} \quad a_{rq} = 0,399$$

$$a_f = x_{\text{srd}} * x_f^{-1} \quad a_f = 0,15$$

Складемо систему диференціальних рівнянь у формі Коші:

$$D(t, \Psi) = \begin{bmatrix} \cos(t - \Psi_7) - R_s \left[[\Psi_1 - (a_{sd} * \Psi_1 + a_{rd} * \Psi_3 + a_f * \Psi_5)] * X_s^{-1} \right] + \Psi_6 * \Psi_2 \\ \sin(t - \Psi_7) - R_s \left[[\Psi_2 - (a_{sq} * \Psi_2 + a_{rq} * \Psi_4)] * X_s^{-1} \right] - \Psi_6 * \Psi_1 \\ -R_d \left[[\Psi_3 - (a_{sd} * \Psi_1 + a_{rd} * \Psi_3 + a_f * \Psi_5)] * X_d^{-1} \right] \\ -R_q \left[[\Psi_4 - (a_{sd} * \Psi_2 + a_{rq} * \Psi_4)] * X_q^{-1} \right] \\ U_f(\Psi) - R_f(\Psi) \left[[\Psi_5 - (a_{sd} * \Psi_1 + a_{rd} * \Psi_3 + a_f * \Psi_5)] * X_f^{-1} \right] \\ M(\Psi) \\ \Psi_6 \\ (1 - \Psi_6) \end{bmatrix}$$

За результатами виконання моделювання пуску будемо графіки швидкості обертання двигуна ω , струмів статора I_s , потужності P , моменту M (див. рисунки):



Висновки. Викладено спосіб визначення параметрів схеми заміщення синхронного двигуна та математичну модель СД на основі диференціальних рівнянь. Наведено приклади моделювання режиму пуску синхронного двигуна та отримано характер зміни в часі швидкості обертання двигуна, струмів статора, потужності та моменту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сивокобыленко В.Ф. Математическое моделирование в электротехнике и энергетике: Учеб. пособ. Донецк: РВА ДонНТУ, 2005. – 350 с.
2. Федоров М.М. Динамические тепловые модели узлов электрических машин // Електромашинобудування та електрообладнання: Міжвід. наук.–техн. зб. – 1999. – Вип. 53. – С. 70 – 73.

В. Ф. Сивокобыленко

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

В. В. Запорожченко

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА ПУСКА СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация: В данной работе был рассмотрен синхронный двигатель типа ДСЗ -2209-60. Выполнено моделирование режима пуска синхронного двигателя, снятые показатели синхронного двигателя. Предложенные варианты применения других систем.

Ключевые слова: Моделирование, синхронный двигатель, режим пуска, явнополюсные, момент, ротор, интервал.

V. Sivokobylenko

Donetsk national technical university

V. Zaporozhchenko

Donetsk national technical university

MODELING OF THE SYNCHRONOUS ENGINE START MODE

Annotation: In this paper, a synchronous engine of the DSZ-2209-60 type was considered. Simulation of the starting mode of the synchronous motor, the taken parameters of the synchronous motor are performed. Suggested applications for other systems.

Key words: *Simulation, synchronous motor, start mode, apparent pole, torque, rotor, spacing.*

УДК 629.7.01

А.А.Сидоров (старший преподаватель),

ГВУЗ «Днепропетровский национальный университет им. Олесь Гончара»

С. С. Малтыз,

ГВУЗ «Днепропетровский национальный университет им. Олесь Гончара»

СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МОДЕЛИРОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ПРОЦЕССОВ, СВЯЗАННЫХ С РКТ

Аннотация: В работе проведено исследование процесса 3D-моделирования, как перспективного и часто используется для проектирования сложных и энергоемких механизмов, например, ракетно-космической техники (РКТ). Используя описанный подход к решению задачи энергозатратности производства РКТ, можно уменьшить затраты на производство РКТ и сократить сроки ее разработки.

Ключевые слова: *ракетно-космическая техника, 3D модель, моделирование процессов, визуализация, проектирование изделия.*

Постановка проблемы. Создание ракетно-космической техники относительно дорогой и энергоемкий процесс, который нуждается в точном проектировании не только летательного аппарата (ЛА), но и в более подробном моделировании процессов, которые происходят как в узлах ЛА, так и снаружи его. Потому что в случае аварии, как при запуске, так и в процессе полета убытки будут огромные.

Анализ предыдущих исследований. На данном этапе эти методы разработки РКТ находятся в стадии развития, и продолжают постоянно совершенствоваться. Существует множество графических программных пакетов, которые адаптированы под разный уровень знаний в области проектирования. А также программы 3D-моделирования пригодны для выполнения разных задач, которые могут возникнуть при проектировочном работе, что значительно расширяет возможности их использования в производстве. Следует отметить, что не все программы имеют прямую связь с 3D-печатью, иногда для создания качественной модели необходимо совмещать ряд пакетов.

Цель статьи. Доказать что 3D- моделирование наиболее перспективный метод разработки и тестирования в энергоемком производстве на примере РКТ.

Изложение основного материала исследования. Применение 3D- графики для создания 3D -моделей в энергоемких производствах зависит от умения проектировщика использовать соответственное ПО. 3D- графика - это моделирование объемных моделей с помощью специального программного обеспечения, которое позволяет максимально точно, до размеров, отобразить выбранный предмет или объект. Так же, трехмерная графика

позволяет четче отобразить всю сущность модели: некоторые ее свойства, а также особенности построения и роботы, до наименьших деталей. Одним из наиболее актуальных вопросов являются программы для создания моделей для 3D-печати. Ниже приведена подборка программ по 3D-моделированию, которые могут использовать и начинающие, и профессионалы отрасли. Важно понимать, что не все программы имеют прямую связь с 3D-печатью, иногда для создания качественной модели необходимо совмещать ряд пакетов.



AutoCAD — система автоматизированного проектирования и черчения в 2D и 3D. Благодаря мощному механизму моделирования, AutoCAD увеличивает продуктивность работы над любыми проектами, и одинаково хорошо подходит самым разным специалистам. AutoCAD уменьшает траты времени на проекты с помощью функции параметрического черчения. При помощи определения связей между объектами весь проект может автоматически обновляться при появлении каких-либо изменений. Еще одной мощной функцией автоматизации является генерация документации, которая очень важна в инженерном деле. В области двумерного проектирования AutoCAD позволяет использовать элементарные графические примитивы для получения более сложных объектов. Кроме того, программа предоставляет весьма обширные возможности работы со слоями и аннотативными объектами (размерами, текстом, обозначениями). Использование механизма внешних ссылок позволяет разбивать чертеж на составные файлы, за которые ответственны различные разработчики, а динамические блоки расширяют возможности автоматизации 2D-проектирования обычным пользователем без использования программирования. AutoCAD включает в себя полный набор инструментов для комплексного трехмерного моделирования. AutoCAD позволяет получить высококачественную визуализацию моделей с помощью системы рендеринга. Также в программе реализовано управление трехмерной печатью и поддержка облаков точек.

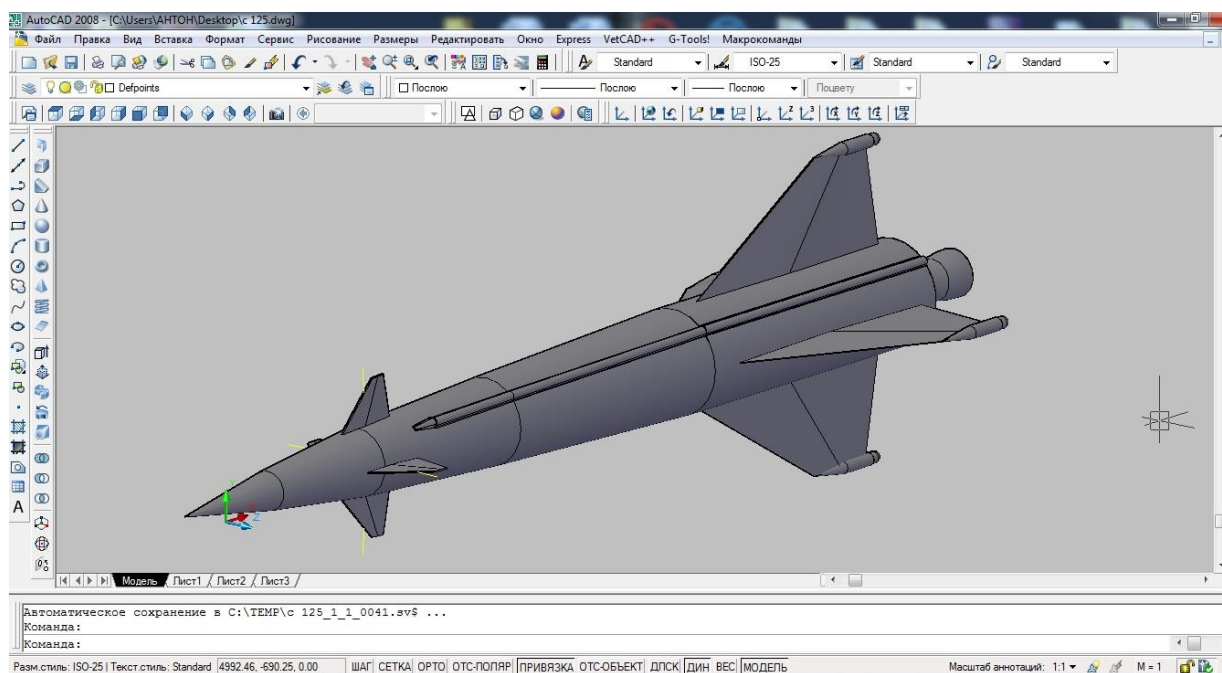


Рисунок 1 -Пример создания 3D- модели ракеты с помощью программного обеспечения (ПО)«AutoCAD».



Autodesk 3ds Max — высокофункциональное ПО, предназначенное для 3D-моделирования, анимации, визуализации. Отличается мощными возможностями, обеспечивающими улучшенную эффективность работы в сфере мультимедиа. Autodesk 3ds Max позволяет создавать разные по форме и уровню сложности трехмерные компьютерные модели существующих или выдуманных объектов, моделировать их поведение. Плюс

ко всему с помощью ПО можно визуализировать все свойства материалов объекта и внешние эффекты, используемые в сцене.

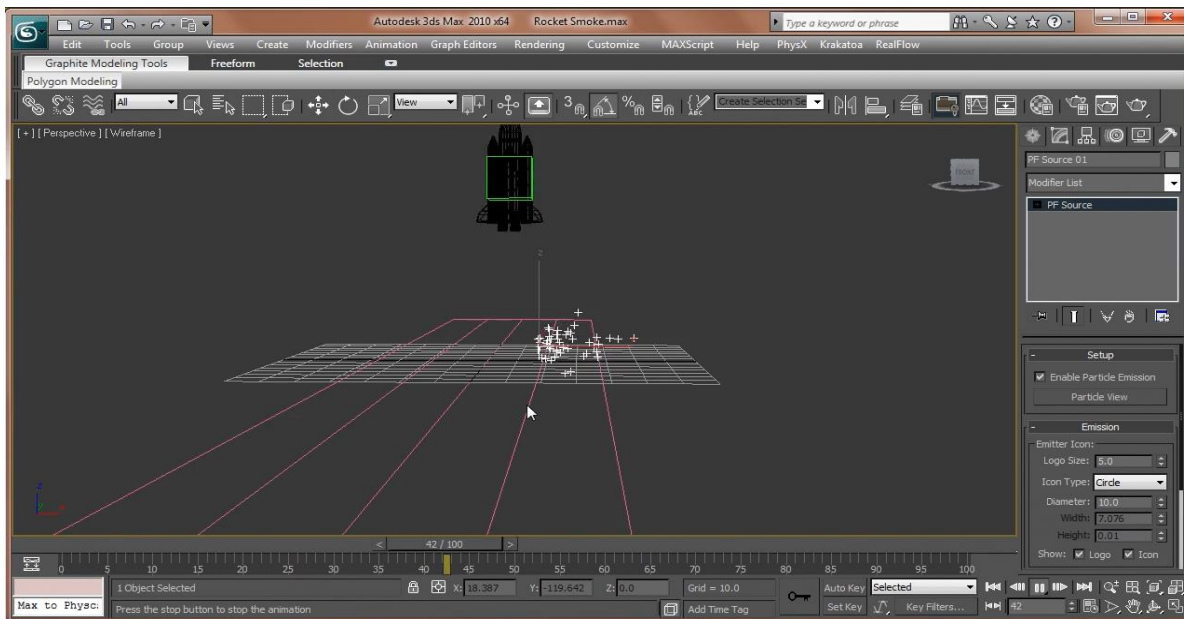


Рисунок 1 –Пример анимирования 3D -модели ракеты в ПО«Autodesk 3ds Max»

 **КОМПАС-3D — мощная система трехмерного проектирования, сочетающая простоту освоения и легкости работы.** Данный продукт предназначен для создания трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сложных систем, содержащих как оригинальные, так и стандартные конструктивные элементы. Многочисленные инструменты программы значительно облегчают решение различных задач проектирования. Среди основных преимуществ КОМПАС-3D можно выделить следующие: проектирование изделий, конструкций или зданий любой сложности; реализация от идеи до 3D-модели; оформление технической документации; использование самых современных методик проектирования в коллективной работе; мощные функциональные возможности твердотельного и поверхностного моделирования; использование собственного математического ядра C3D; расширяемость возможностей за счет приложений дополняющих систему эффективным инструментарием для решения специализированных инженерных задач.

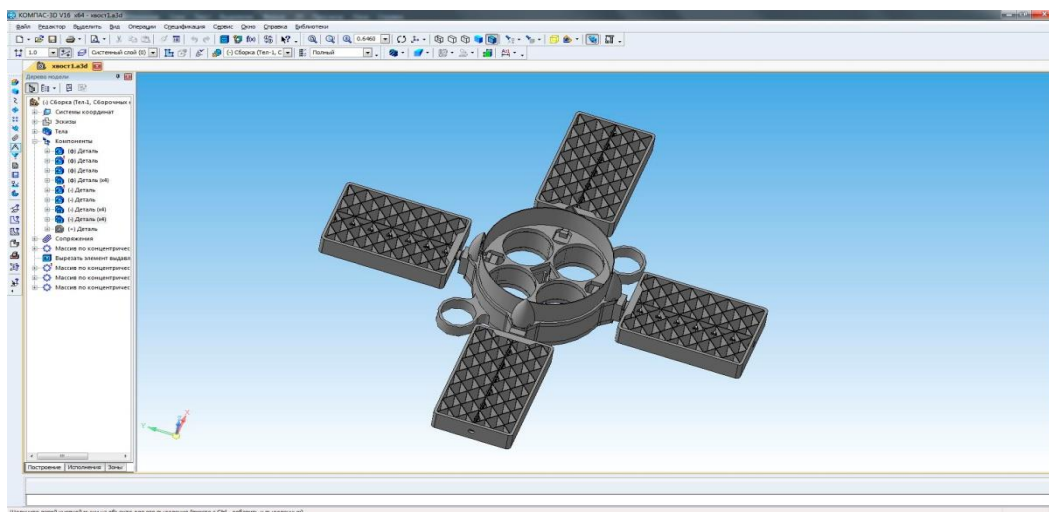


Рисунок 3 – Пример создания 3D- модели торцевого шпангоута и решетчатых рулей с помощью ПО «Компас-3D»

Для лучшего понимания процесса создания 3D модели нужно рассмотреть алгоритмы ее моделирования. Здесь перечислены математические подходы, интегрированные в том или ином виде в программное обеспечение и выделяют по своим возможностям различные алгоритмы для создания одной и той же модели, каждая из которых имеет своеобразные свойства. Всего на сегодня все алгоритмы для создания технических моделей можно разделить на три категории:

- Полигональное моделирование Большая часть 3D -моделей сегодня строится как текстурированные многоугольные модели на основе полигональной сетки, поскольку они достаточно гибкие и компьютер может отрендерить их достаточно быстро. Однако многоугольники являются плоскими и могут только примерно передать изогнутые поверхности,

- Моделирование с помощью сабдивов - один из современных алгоритмов, который прогрессивно развивается и все более увеличивает конкуренцию двум предыдущим.

- Процедурное моделирование - такое моделирование позволяет оперировать масштабными проектами, поэтому используется крупными студиями компьютерной графики;

Для создания 3D -модели важно выбрать метод подхода к началу моделирования.

Современное программное обеспечение позволяет использовать независимо от алгоритма моделирования различные подходы для построения модели. Например, моделирование с помощью примитивов – это моделирование с помощью простых геометрических фигур (шары, цилиндры, конусы и т.д.), которые используются как кирпичики при построении сложных объектов. Преимуществом метода является быстрое и легкое построение, а также то, что модель является математически определенной и точной. Подходит к техническому моделированию. Некоторые программы могут рендерить из примитивов направления, другие используют примитивы только для моделирования, а позже конвертируют для дальнейшей работы или рендеринга.

Для 3D- моделирования характерны такие функции и возможности:

- создание трехмерной графики — трехмерные модели сцены и 3D-объектов как составляющих;

- рендеринг (визуализация) — процесс получения изображения по модели;

- обработка и коррекция изображений;

- подача готового изображения или видеоряда на устройство вывода: принтер или дисплей.

3D -модели представляют собой объекты, в которых используют набор точек в 3D -пространстве, связанных между собой разными геометрическими объектами, такими ,как треугольники, прямоугольники (полигоны) и тп. Для построения 3D- модели используют физический объект, фотографии или 2D- изображения (эскизы). При проектировании сложных устройств, например РКТ, 3D- моделирование позволяет значительно упростить процесс создания, а так же окончательную доработку проекта. Чтобы еще до момента утверждения проекта избежать, неточностей и ошибок, оценить степень соответствия исходному замыслу, получить возможность проанализировать поведение исполнительных элементов механизма в процессе эксплуатации. Используются специальные пакеты на этапе проектирования. Таким пакетом есть Ansys -универсальная программная система конечно-элементного анализа.

Моделирование и анализ аэрокосмической техники с помощью этого ПО позволяет избежать дорогостоящих и длительных циклов разработки типа «проектирование — изготовление — испытания». То есть можно протестировать модель, когда она еще находится на стадии проектирования в 3D- пакете. Таким образом, все главные преимущества и недостатки устройства могут быть выявлены за минимальное количество времени. Что значительно ускоряет процесс реализации проекта за минимальное время и с минимальными затратами, потому что выявляются все просчеты еще на стадии проектирования, а не в процессе изготовления. Потому что готовый чертеж или эскизный набросок не всегда дает полное представление об объекте и не всегда можно наглядно оценить удобство стыковки деталей или узлов, а компьютерное моделирование позволяет

рассмотреть вид проектируемого объекта с любой высоты, угла и местоположения. Кроме того, чтобы увидеть узлы во взаимодействии, необходим определенный опыт работы с технической документацией. Благодаря 3D- модели появляется возможность продемонстрировать, как будет выглядеть та или иная деталь еще на стадии проектирования сборной единицы, детали или изделия в целом. Так как 3D- модели обладают высоким уровнем интерактивности и реалистичности. С помощью грамотной и профессиональной визуализации можно максимально приблизить созданный 3D объект к реальному. Поэтому этап визуализации играет большую роль при разработке различных узлов и сборочных единиц. 3D- моделирование, объединив с 3D-печатью можно создавать модели РКТ и их узлы в учебных заведениях, где готовят специалистов в этой области. Эти модели делают процесс обучения более легким, наглядным и познавательным. Но что бы использовать перечисленные преимущества нужно иметь высококвалифицированных специалистов в этой области по тому, что работа с 3D -моделями требует определенных навыков.

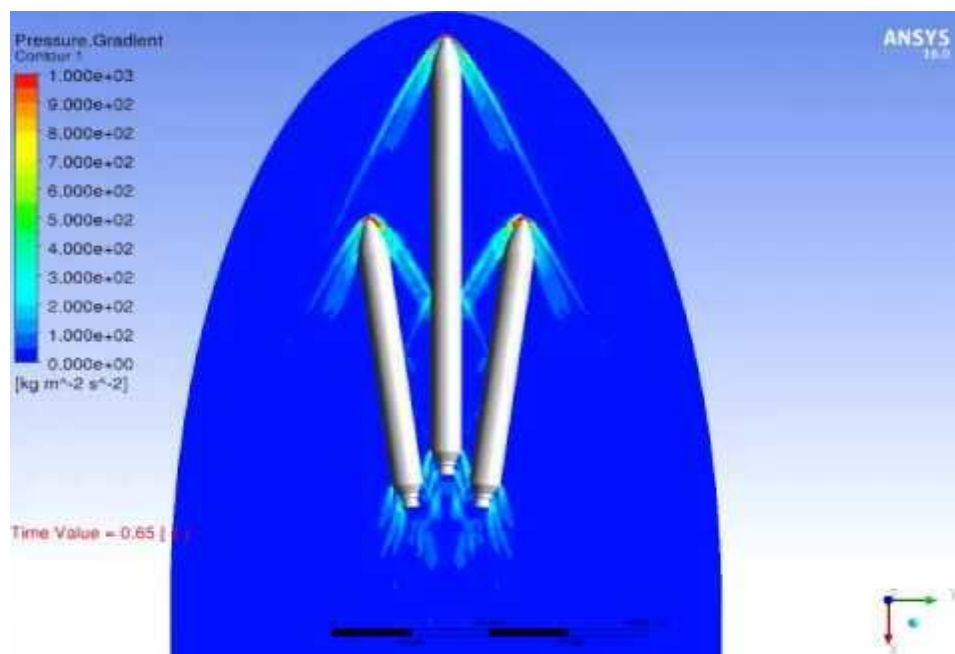


Рисунок 3 –Пример моделирования распределения градиентов давления воздуха вокруг ракеты при разделении ступеней с помощью ПО«Ansys»

Выводы. Наличие 3D -моделирования, бесспорно, ускоряет процессы проектирования. Хотя создание ракетно-космической техники относительно дорогой и энергоемкий процесс. То с применением технологии 3D- моделирования появляется возможность точного проектирования не только летательного аппарата (ЛА), но и более подробного моделирования процессов, которые происходят как в узлах ЛА, так и снаружи его.

Это подтверждает, во-первых, широкая практика данной технологии в производстве РКТ, во-вторых, ее универсальность и выгодное сочетание трех важных критериев – цены, времени и качества. Поэтому этот метод очень перспективен и затребован в сфере проектирования РКТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Габидулин В.М."Трехмерное моделирование в AutoCAD2012 " ДМК Пресс, 2011 год, 240 стр.
2. Большаков В.П., Бочков А.Л., Сергеев А.А. 3D-моделирование в AutoCAD, Компас-3D,SolidWorks,Inventor,T-Flex. –СПб.: Питер,2011.

О.А.Сидоров(старший викладач кафедри проектування та конструкцій літальних апаратів)

ДВНЗ «Дніпровський національний університет ім. Олесь Гончара»

С. С. Малтиз(студент кафедри проектування та конструкцій літальних апаратів)

ДВНЗ «Дніпровський національний університет ім. Олесь Гончара»

СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В МОДЕЛЮВАННІ СУЧАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ І ПРОЦЕСІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ З РКТ

Анотація: У роботі проведено дослідження процесу 3D моделювання, як перспективного і того що часто використовується для проектування складних і енергоємних механізмів, наприклад ракетно-космічної техніки (РКТ). Використовуючи описаний підхід до вирішення завдання енерговитратності виробництва РКТ, можна зменшити витрати на виробництво РКТ і скоротити терміни її розробки.

Ключові слова: ракетно-космічна техніка, 3D модель, моделювання процесів, візуалізація, проектування виробу.

A. Sidorov(Senior Lecturer Department of Design and Constructions of Aircraft)

State Higher Educational Institution "Dneprovsky National University named after Oles Honchar"

S. Maltiz (Student of the Department of Design and Construction of Aircraft)

State Higher Educational Institution "Dneprovsky National University named after Oles Honchar"

CREATION OF 3D MODELS WITH THE HELP OF MODERN PROGRAMS FOR THEIR FURTHER USE IN THE MODELING OF MODERN DESIGNS AND PROCESSES RELATED TO RST.

Annotation: In the work, the process of 3D modeling has been studied as a promising and often used for the design of complex and energy-intensive mechanisms, such as rocket and space technology (RST). Using the described approach to the solution of the problem of energy consumption of the production of RST, it is possible to reduce the costs for the production of RST and shorten the terms of its development.

Key words: rocket and space technology, 3D model, process modeling, visualization, product design.

УДК 519.654:621.391.82

А.М. Сільвестров (докт. техн. наук, професор)

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

М.М. Гонтар

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ ПРИ НАЯВНОСТІ ШУМІВ У СИГНАЛІ

Анотація: У цій статті, беручи метод найменших квадратів (МНК) як базовий при обробці зашумлених сигналів розглядаємо вплив співвідношення сигнал-шум на зміщення оцінок реальних даних. Також було розглянуто узагальнений метод найменших квадратів

(УМНК) для зважених (відфільтрованих) даних. Показано, що для кожних конкретних випадків існує оптимальне значення згладжуючого ефекту фільтра, за якого норма зміщення буде мінімальною. Отримано, що чим далі рознесені спектри сигналу і перешкоди, тим краще оцінки квазіоптимального УМНК.

Ключові слова: метод найменших квадратів, зміщення оцінок, згладжуючий фільтр, зважені дані, спектри сигналу і перешкоди.

Аналіз попередніх досліджень. Природа перешкод полягає в випадковій зміні параметрів каналу передачі [1]. При передачі сигнал піддається спотворенням внаслідок того, що коефіцієнт передачі каналу не є постійним числом; властивості каналу описуються частотними або часовими характеристиками, що визначають так звані лінійні спотворення. Крім того, канал може вносити і нелінійні спотворення, обумовлені нелінійністю тих чи інших ланок каналу.

Як лінійні, так і нелінійні спотворення обумовлені відомими характеристиками каналу, а тому, принаймні, можуть бути усунені шляхом належної корекції. Тому спотворення слід чітко відокремити від дії перешкоди випадкового характеру, яка заздалегідь не може бути відома.

Якщо ж коефіцієнт передачі каналу зазнає випадкової зміни, то вплив цих змін слід вже розглядати як дію випадкової перешкоди, яка і є мультиплікованою перешкодою.

Постановка проблеми. Практична постановка задачі містить в собі суттєву долю невизначеності статистичних властивостей перешкод у вимірах як вхідних X , так і вихідних Y даних про об'єкт, що досліджується, модель якого може бути представлено як

$$Y^* = X^* \beta^* + \varepsilon^*, \quad (1)$$

де Y^* , X^* , ε^* – точні значення змінних виходу, входу і розузгодження, за умови, що оцінку β^* для цих значень отримано за методом найменших квадратів [3]:

$$\beta^* = (X^{*T} X^*)^{-1} X^{*T} \cdot Y^* = C^* Y^*, \quad (X^{*T} X^*)^{-1} X^{*T} = C^* \quad (2)$$

Тобто, за умови:

$$\beta^* = \arg(\min \varepsilon^{*T} \cdot \varepsilon^*) \quad (3)$$

На практиці МНК-оцінку (2) отримують по збуреним завадами N_x і N_y даним:

$$X = X^* + N_x, \quad Y = Y^* + N_y, \quad (4)$$

де

$$Y^T = [y(1) \ y(2) \dots \ y(M)], \quad x_i(j) = x_i^*(j) + N_{x_i}(j), \quad y_i(j) = y_i^*(j) + N_{y_i}(j), \quad j = \overline{1, M}.$$

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & x_2(1) \dots x_i(1) \dots x_n(1) \\ x_1(2) & x_2(1) \dots x_i(2) \dots x_n(2) \\ \text{-----} \\ x_1(M) & x_2(M) \dots x_i(M) \dots x_n(M) \end{bmatrix},$$

Тоді МНК-оцінка (2) $\hat{\beta}$ вектора β^* знаходиться з умови (3), але вже для реальних даних (4) у звичайній

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y = C \cdot Y, \quad C = (X^T X)^{-1} X^T, \quad (5)$$

або у рекурентній

$$\begin{aligned}\hat{\beta}(j+1) &= \hat{\beta}(j) + P(j+1)X(j)[Y(j) - X^T(j) \cdot \hat{\beta}(j)], \\ P(j+1) &= P(j) - P(j)X(j)[X^T(j)P(j)X(j)+1]^{-1} \cdot X^T(j) \cdot P(j),\end{aligned}\quad (6)$$

формах з початковими умовами $P(0)$, $\hat{\beta}(0)$. Якщо останні невідомі, то приймають, що $\hat{\beta}(0) = 0$, $P(0) = \sigma_{\beta(0)}^2 \cdot I$, $\sigma_{\beta(0)}^2 \rightarrow \infty$.

Основний матеріал. Покладемо для спрощення аналізу, що перешкоди N_x і N_y – «білі шуми» Гауса, відповідно авто- і взаємо-некорельовані. Визначимо зсув $\Delta\hat{\beta}$ оцінки (5) відносно точної оцінки (2):

$$\begin{aligned}\Delta\hat{\beta} &= M\{\hat{\beta}\} - \beta^* = M\{[C^* + \delta C(N)] \cdot [Y^* + \varepsilon^* + N_y]\} - \beta^* = M\{[C^* + \delta C(N)] \cdot Y^*\} - \beta^* = \\ &= M\{C^* + \delta C(N)\} \cdot Y^* - \beta^* \cong [X^{*T} X^* + M\{N_x^T N_x\}]^{-1} \cdot X^{*T} Y^* - \beta^* = \\ &= [X^{*T} X^* + \text{diag} \sigma_i^2 \cdot M \cdot I]^{-1} \cdot X^{*T} \cdot Y^* - \beta^*.\end{aligned}\quad (7)$$

Позначимо $X^{*T} X^* = A^*$, $M\{N_x^T N_x\} = \delta A$, $X^{*T} Y^* = B^*$. Тоді (2) і (7) дорівнюють відповідно: $A^* \beta^* = B^*$, $[A^* + \delta A] \hat{\beta} = B^*$. Звідси

$$\begin{aligned}\delta A \cdot \hat{\beta} &= -A^* (\hat{\beta} - \beta^*) = -A^* \Delta\hat{\beta}, \\ \text{тобто } \delta A (\beta^* + \Delta\hat{\beta}) &= -A^* \Delta\hat{\beta}, \text{ або} \\ \Delta\hat{\beta} &= -(A^* + \delta A)^{-1} \cdot \delta A \cdot \beta^*\end{aligned}\quad (8)$$

Як бачимо, оцінка $\hat{\beta}$ за умов навіть некорельованих «білих шумів» N_x і N_y , буде занижена відносно істинної β^* на величину (8). Остання, за умови, що норма $\|\delta A\| \rightarrow 0$, прямує до нуля, а $\hat{\beta}$ до β^* ; за умови, що норма $\|\delta A\| \rightarrow \infty$, прямує до $-\beta^*$, а $\hat{\beta}$ – до нуля.

Коваріація оцінки (5) за приведених вище умов, та приймаючи, що норма $\|N_x^T \cdot \varepsilon\|$ набагато менше, ніж $\|X^{*T} \cdot \varepsilon\|$ або $\|N_x^T \cdot Y^*\|$, наближено дорівнює:

$$\text{cov}[\hat{\beta}] \cong M\{[C_1 \cdot \varepsilon + C_2 N_x] \cdot [C_1 \cdot \varepsilon + C_2 N_x]^T\} = C_1 \cdot M\{\varepsilon \cdot \varepsilon^T\} \cdot C_1^T + C_2 \cdot M\{N_x N_x^T\} \cdot C_2^T, \quad (9)$$

де

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \varepsilon^* + N_y, \\ C_1 &= [X^{*T} X^* + M\{N_x N_x^T\}]^{-1} \cdot X^{*T}, \\ C_2 &= [X^{*T} X^* + M\{N_x N_x^T\}]^{-1} \cdot Y^{*T}.\end{aligned}$$

Перша складова виразу (9) зі зростанням рівня N_x зменшується, в другій C_2 зменшується, а $M\{N_x N_x^T\}$ збільшується, але C_2 входить в вираз (9) у квадраті, тоді як $M\{N_x N_x^T\}$ – лінійно. Тому для «білого шуму», коли $M\{N_x N_x^T\} = \sigma_{N_x}^2 \cdot M \cdot I$, зі зростанням σ_{N_x} коваріація оцінки $\hat{\beta}$ буде зменшуватись. Таким чином МНК має властивість до регуляризації системи нормальних рівнянь, подібно до Тихонівської [1]. Остання полягає в мінімізації звичайного квадратичного функціоналу $I = \varepsilon^T \varepsilon$ з регуляризуючою добавкою $\alpha \hat{\beta}^T \hat{\beta}$, де α – параметр регуляризації (10).

Співставивши (7) і (10) бачимо, що в МНК параметр Тихонова дорівнює $\text{diag} \sigma_i^2 \cdot M$.

Графічну залежність нормованих величин $\frac{\|\hat{\beta}\|}{\|\beta^*\|}$ та $\frac{\|\text{cov}\hat{\beta}\|}{\|\text{cov}\beta^*\|}$ (крива а), та $\frac{\|\Delta\hat{\beta}\|}{\|\beta^*\|}$ (крива б)

наведено на рис. 1.

$$\begin{aligned} I &= \varepsilon^T \varepsilon = (Y - X^* \hat{\beta})^T (Y - X^* \hat{\beta}) + \alpha \hat{\beta}^T \hat{\beta}, \\ \frac{\partial I}{\partial \hat{\beta}} &= 0 = 2(X^{*T} X^* \hat{\beta} - X^{*T} Y + \alpha \hat{\beta}), \\ \hat{\beta} &= (X^{*T} X^* + \alpha \cdot I)^{-1} \cdot X^{*T} \cdot Y. \end{aligned} \quad (10)$$

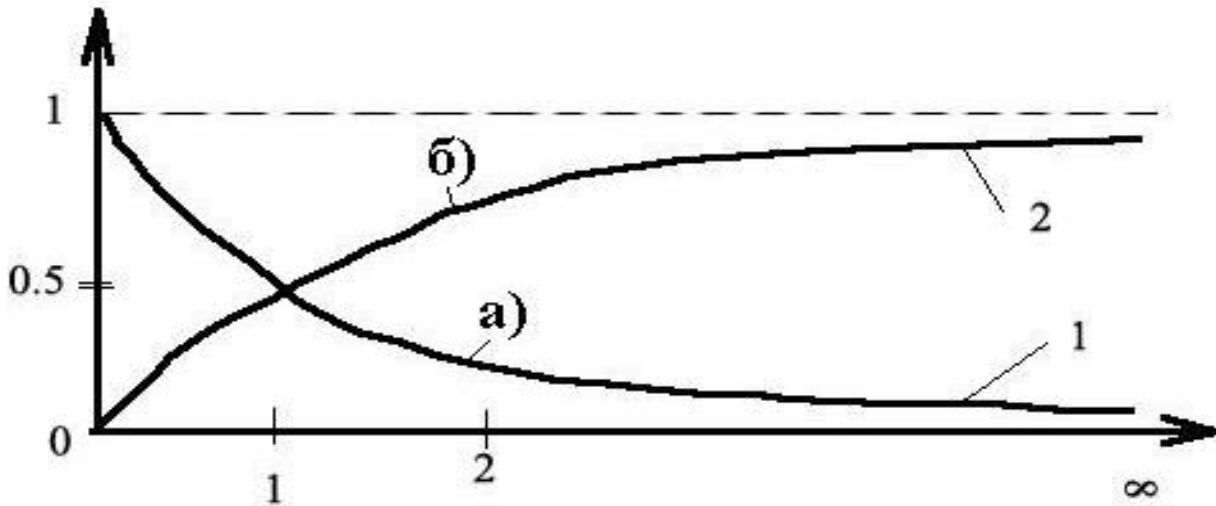


Рисунок 1 - Залежність зсуву і коваріації МНК-оцінки від співвідношення «шум-сигнал» в X

Перейдемо до узагальненого МНК та його практичної реалізації. В цьому методі відшукуються МНК-оцінки за зваженими (відфільтрованими) даними:

$$\hat{X} = U^{-1}X, \quad \hat{Y} = U^{-1}Y.$$

Це еквівалентно мінімізації функціоналу

$$I = 0,5 \sum_{j=1}^M \|y(j) - x(j) \cdot \hat{\beta}\|^2 \cdot Q^{-1}, \quad (11)$$

де Q – матриця ваги кожного j - го виміру:

$$Q = (\text{cov} \hat{\beta}) \cdot U^T.$$

Тоді зважена вагою Q^{-1} оцінка узагальненого МНК (УМНК), отримана за умови мінімуму (11), дорівнює:

$$\hat{\beta} = (X^T Q^{-1} X)^{-1} \cdot X^T Q^{-1} Y. \quad (12)$$

Коваріація оцінки (12):

$$\text{cov} \hat{\beta} = (X^T Q^{-1} X)^{-1} X^T Q^{-1} M\{N_y N_y^T\} Q^{-1} X (X^T Q^{-1} X)^{-1} \quad (13)$$

Оцінки (12) мають мінімальну дисперсію за умови, якщо $Q = M\{N_y \cdot N_y^T\}$. Тоді

$$\text{cov} \hat{\beta} = [X^T \cdot M\{N_y N_y^T\} \cdot X]^{-1}. \quad (14)$$

Для некорельованого «білого шуму» в вимірах Y $Q = \sigma_y^2(j) \cdot I$. Тоді рекурентна формула УМНК співпадає зі зваженим МНК:

$$\begin{aligned} \hat{\beta}(j+1) &= \beta(j) + P(j+1) \cdot X(j) \cdot \frac{1}{\sigma_y^2(j)} \cdot [y(j) - X^T(j) \cdot \beta(j)] \\ P(j+1) &= P(j) - X(j) [X^T(j) \cdot P(j) \cdot X(j) + \sigma_y^2(j)]^{-1} \cdot X^T(j) \cdot P(j). \end{aligned} \quad (15)$$

Неточність визначення чи апіорного задання матриці Q^{-1} призводить до суттєвої втрати оптимальності оцінок (12) чи (15).

Алгоритм не є робастним [5]: статистично незначна неадекватність матриці Q коваріації перешкод N_y , викликана, наприклад, окремими збоями в даних, які утворюють в законі розподілення перешкод N_y так звані «тяжкі хвости» [2], під час оцінювання вектора $\hat{\beta}$ за алгоритмом (12), може привести до суттєвої похибки. Тому в практичній реалізації більш зручним і надійним буде квазіоптимальний УМНК:

– на першому етапі відбувається квазіоптимальне оцінювання сигналів X , Y шляхом згладжування лінійними фільтрами їх зашумлених вибірок $X(j)$, $Y(j)$, $j = \overline{1, M}$;

– на другому – МНК-оцінювання вектора $\hat{\beta}$ по отриманим на першому етапі оцінкам $\hat{X}$ і $\hat{Y}$ точних значень X^* , Y^* сигналів.

Для такого підходу перешкоди N_{x_i} , $i = \overline{1, n}$, N_y можуть бути взаємно корельованими [4]. Окрім того, так як модель (1) лінійна, то, за умови фільтрації всіх змінних $X_i(t)$, $y(t)$ одним фільтром, невідповідність згладжених значень $\hat{X}^*$ і $\hat{Y}^*$ істинним X^* , Y^* не приводить до зміщення оцінки $\hat{\beta}$ відносно β^* . Дійсно знак рівняння в (1) не порушується, якщо на його ліву і праву частину подіяти лінійним оператором фільтра W_Φ :

$$W_\Phi \{Y^*\} = W_\Phi \{X^* \beta^* + \varepsilon^*\} = W_\Phi \{X^*\} \cdot \beta^* + W_\Phi \{\varepsilon^*\} \quad (16)$$

Математичне очікування оцінки $\hat{\beta}$:

$$M\{\hat{\beta}\} = [\hat{X}^{*T} \cdot \hat{X}^* + M\{N_x N_x^T\}]^{-1} \cdot \hat{X}^* \hat{Y}^*. \quad (17)$$

Якщо для спрощення прийняти що $M\{N_x N_x^T\} = \text{diag}\{\sigma_{N_i}^2\} \cdot I$, а також покласти, що власні числа матриці $(\hat{X}^{*T} \hat{X}^*)^{-1} \cdot \text{diag}\{\sigma_{N_i}^2\}$ менше одиниці, то вираз $[I + (\hat{X}^{*T} \hat{X}^*)^{-1} \cdot \text{diag}\{\sigma_{N_i}^2\}]^{-1}$ можна представити рядом. Тоді

$$(\hat{X}^{*T} \hat{X}^*) \cdot \hat{\beta} = [I + (\hat{X}^{*T} \hat{X}^*)^{-1} \cdot \text{diag}\{\sigma_{N_i}^2\}]^{-1} \cdot \hat{X}^{*T} \hat{Y}^* \cong [I - (\hat{X}^{*T} \hat{X}^*)^{-1} \cdot \text{diag}\{\sigma_{N_i}^2\}] \cdot \hat{X}^{*T} \hat{Y}^*.$$

Звідси

$$\hat{\beta} \cong (\hat{X}^{*T} \hat{X}^*)^{-1} \hat{X}^{*T} \hat{Y}^* - (\hat{X}^{*T} \hat{X}^*)^{-2} \cdot \text{diag}\{\sigma_{N_i}^2\} \hat{X}^{*T} \hat{Y}^*.$$

Враховуючи, що

$$\hat{\beta} \equiv (\hat{X}^{*T} \hat{X}^*)^{-1} \hat{X}^{*T} \hat{Y}^* = (\hat{X}^{*T} \hat{X}^*)^{-2} \hat{X}^{*T} \hat{Y}^*,$$

отримаємо вираз для зсуву:

$$\Delta\hat{\beta} = \hat{\beta} - \beta = -\text{diag}\{\sigma_{N_i}^2\} \cdot (\hat{X}^{*T} \hat{X}^*)^{-1} \cdot \hat{\beta}^*. \quad (18)$$

Так як норма $\Delta\hat{\beta}$ не більше добутку норм складових правої частини (18), то маємо нерівність:

$$\frac{\|\Delta\hat{\beta}\|}{\|\hat{\beta}^*\|} \leq \|\text{diag}\{\sigma_{N_i}^2\}\| \cdot \|\hat{X}^{*T} \hat{X}^*\|^{-1}. \quad (19)$$

Чим сильніше фільтрація X , Y оператором W_Φ фільтра, тим менше норма матриці збурень $\sigma_{N_i}^2$. Тобто фільтр послабляє перешкоди, не порушуючи рівняння (16). Але згладжування фільтром складових $X_i(t)$ вектор-функції $X(t)$ завужує їх частотні спектри і, як наслідок, зменшує їх лінійну незалежність. Зменшується число обумовленості матриці $(\hat{X}^{*T} \hat{X}^*)$ і, як наслідок, збільшується норма зворотної матриці $(\hat{X}^{*T} \hat{X}^*)^{-1}$. Якісну картину

залежності нормованих величин $\frac{\|\Delta\hat{\beta}\|}{\|\hat{\beta}^*\|}$ (крива а), $\frac{\|\text{diag}\sigma_{N_i}^2\|}{\|\text{diag}\sigma_{N_i}^2\|}$ (крива б), $\frac{\|(\hat{X}^{*T} \hat{X}^*)^{-1}\|}{\|(X^{*T} X^*)^{-1}\|}$ (крива в), в

функції інерційності τ фільтра W_Φ , для фіксованого співвідношення «шум-сигнал» зображено на рис. 2.

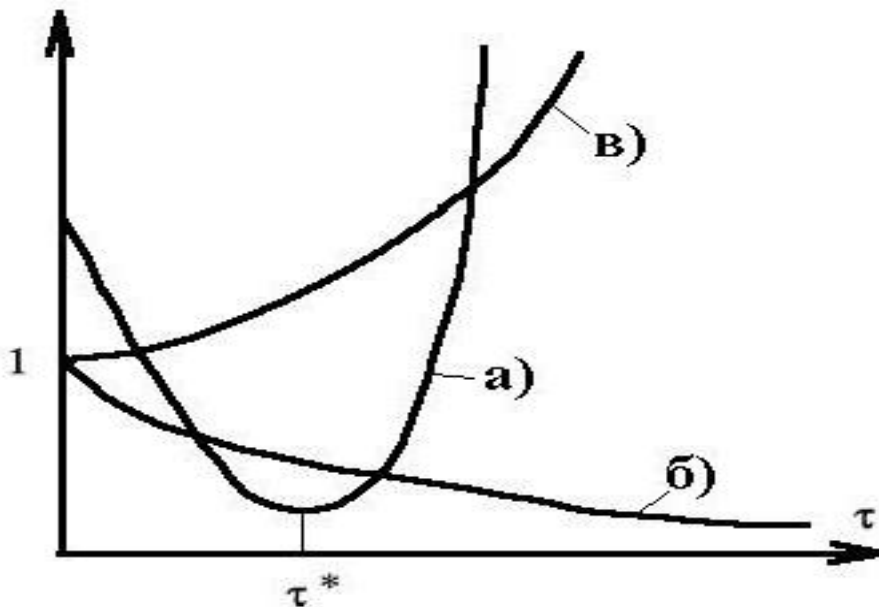


Рисунок 2 - Залежність нормованого зсуву (а), коваріації та перешкод (б) та інформаційної матриці $(\hat{X}^{*T} \hat{X}^*)^{-1}$ від параметра τ інерційності фільтра

Висновки. Як витікає з графіка, для кожних конкретних випадків існує оптимальне значення згладжуючого ефекту фільтра W_Φ , за якого норма зміщення (19) буде мінімальною.

Коваріація оцінки $\hat{\beta}$ за методом УМНК при допущенні взаємо некорельованості перешкод, подібна до МНК (9), але матриці $M\{\varepsilon\varepsilon^T\}$, $M\{N_X N_X^T\}$ вже не діагональні. Чим далі рознесені спектри сигналу і перешкоди, тим краще оцінки квазіоптимального УМНК.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Калашников В.В. Сложные системы и методы их анализа. – М.: Знание, 1980. – 64 с.
2. Сільвестров А.М. Розв'язання задачі ідентифікації з допомогою сигнального і параметричного підходів / А. М. Сільвестров, М. М. Гонтар, Д. М. Нелюба // Тези 68-ї наук. конф. професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету, (Полтава, 19 квіт. – 13 трав. 2016 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – Т. 1. – С. 11-13.
3. Зайцев Г. Ф. Теорія автоматичного управління / Г.Ф. Зайцев, В.К. Стеклов, О.І. Бріцький. – К.: Техніка, 2002. – 688 с.
4. Гонтар М.М. Нестійкі нестационарні системи як об'єкти керування та їх ідентифікація / М.М. Гонтар, Д.М. Нелюба // Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика : матеріали II Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф., 17-18 листопада 2016 р., Полтава / Полт. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка [та ін.] – Полтава, 2016. – С. 71-73.
5. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов: Второе издание / Лайонс Р. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007 г. – 656 с.: ил.

А.Н. Сильвестров

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

М.Н. Гонтарь

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ ПРИ НАЛИЧИИ ШУМОВ В СИГНАЛЕ

Аннотация: В этой статье, принимая метод наименьших квадратов (МНК) в качестве базового при обработке зашумленных сигналов рассматриваем влияние соотношения сигнал-шум на смещение оценок реальных данных. Также были рассмотрены обобщенный метод наименьших квадратов (УМНК) для взвешенных (отфильтрованных) данных. Показано, что для каждого конкретного случая существует оптимальное значение сглаживающего эффекта фильтра, при котором норма смещение будет минимальной. Получено, что чем дальше разнесены спектры сигнала и помех, тем лучше оценки квазиоптимального УМНК.

Ключевые слова: метод наименьших квадратов, смещение оценок, сглаживающий фильтр, взвешенные данные, спектры сигнала и помех.

A. Silvestrov

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

M. Hontar

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

LEAST MEAN SQUARES METHOD APPLY FOR SIGNALS WITH NOISE

Annotation: In this paper, taking the least mean squares (LMS) method as a base when processing noised signals considering influence the signal-to-noise bias in estimates of real data. It was also considered a general least mean squares (GLMS) for weighted (filtered) data. It is shown that in each case there is a filter smoothing effect optimal value in which the displacement rate is minimal. It was found that the farther spaced signal and noise spectra, the better the evaluation of quasioptimal GLMS.

Keywords: least mean squares method, bias estimates, smoothing filter, weighted data, signal and interference spectra.

ПОБУДОВА ПЛОСКОЇ КРИВОЇ ІЗ ПАРАБОЛІЧНИМ РОЗПОДІЛОМ КРИВИНИ НА ОБМЕЖЕНІЙ ПЛОЩИНІ

Анотація: В даній роботі пропонується підхід до моделювання плоскої кривої лінії на обмеженій площині, кривина якої має параболічний розподіл. Особливістю є те, що ділянка кривої, що моделюється, з'єднує між собою прямолінійні ділянки, тобто кривина на її кінцях дорівнює 0.

Ключові слова: геометричне моделювання, плоска крива, закон розподілу кривини, параболічний розподіл, обмежена площа, коефіцієнти розподілу, граничні умови

Постановка проблеми. Однією з важливих проблем, що постають перед економікою України, є зростання ефективності виробничих процесів, розробка та впровадження нових сучасних технологій, підвищення ефективності машин, апаратів, двигунів, зниження трудових та енергетичних витрат, економія сировини та природних мінеральних і паливних ресурсів, зниження та запобігання забрудненню довкілля. Розв'язання цієї проблеми неможливе без глибокого проникнення в фізичну сутність явищ, що досліджуються, розробки та вдосконалення відповідних теоретичних положень, впровадження досягнутих наукових результатів у виробництво. Геометричні методи з успіхом використовуються в багатьох галузях науки і техніки [1].

Геометричне моделювання плоских кривих ліній є невід'ємним етапом проектування криволінійних обводів технічно складних об'єктів таких галузей економічної діяльності, як: архітектурно-будівельної, металообробної, сільгоспмашинобудівної, літакобудівної, турбо- та компресоробудівної тощо.

Аналіз попередніх досліджень. В узагальненому вигляді питання геометричного моделювання просторових і плоских криволінійних обводів висвітлене в роботі [2]. Плоским криволінійним обводам, а також питанням їх моделювання із застосуванням графіків розподілу кривини присвячені також публікації [3-9].

Деякі підходи до формування інтегральних кривих за заданим законом розподілу кривини подані в роботі [5], де пропонується комп'ютерний спосіб моделювання плоских обводів на основі колових сплайнів.

В роботах вчених Миколаївської наукової школи та їх учнів розглядається підхід до геометричного моделювання плоских кривих ліній із застосуванням заданого розподілу кривини [6-9], при цьому в якості граничних умов для побудови використовуються такі (або їх комбінація): координати початкової, проміжної та кінцевої точок криволінійного обводу, кути нахилу дотичних до плоскої кривої лінії в цих точках або в деяких з них, кривина в заданих точках.

Мета статті. Розробити підхід до моделювання плоскої кривої лінії на обмеженій площині, кривина якої має параболічний розподіл.

Викладення основного матеріалу дослідження. Розглянемо ділянку плоскої кривої лінії, показану на рис. 1 [1], на якому застосовані такі позначення: S – довжина дуги ділянки; ds – диференціал дуги; $\varphi(0)$ – кут нахилу дотичної в початковій точці; $\varphi(S)$ – кут нахилу дотичної в кінцевій точці кривої.

Цій кривій відповідає деякий графік розподілу її кривини $K(s)$, побудований в залежності від довжини дуги обводу (рис. 2).

Якщо графік розподілу кривини відомий, то побудувати криву, що йому відповідає, можна без особливих проблем. Дійсно, диференціал дуги ds за відомим значенням кута нахилу дотичної до осі x дорівнює:

$$ds = d\varphi / K(s)$$

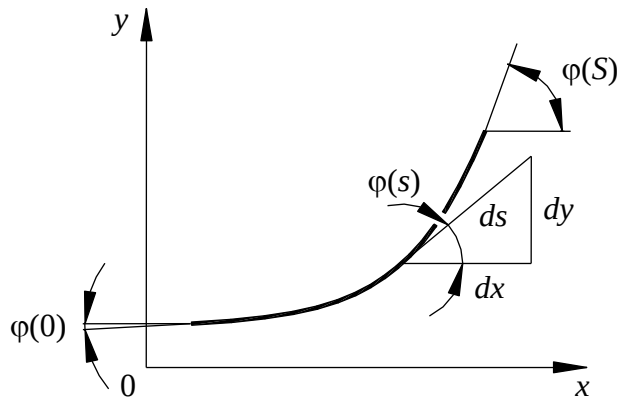


Рисунок 1 – Ділянка плоскої кривої

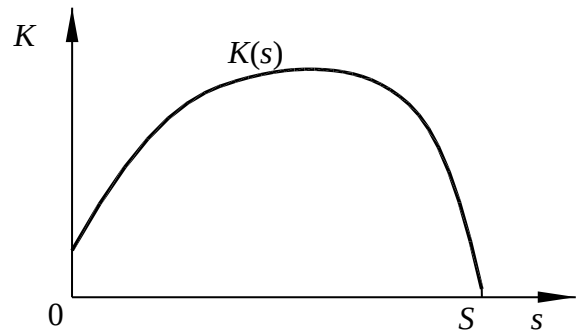


Рисунок 2 – Графік розподілу кривини

Інтегруванням з цього виразу можна знайти кут нахилу дотичної до кривої в довільній її точці:

$$\varphi(s) = \varphi(0) + \int_0^s K(s) ds.$$

Знайдемо рівняння кривої, яка утворюється на базі заданого розподілу кривини. З рис. 1 випливає, що

$$\begin{aligned} dx &= ds \cos \varphi(s); \\ dy &= ds \sin \varphi(s). \end{aligned}$$

Інтегруванням цих виразів отримаємо параметричне рівняння кривої, в якому за параметр прийнято довжину дуги:

$$\begin{aligned} x(s) &= x(0) + \int_0^s \cos \varphi(s) ds; \\ y(s) &= y(0) + \int_0^s \sin \varphi(s) ds, \end{aligned}$$

де $x(0)$, $y(0)$ – координати початкової точки кривої.

В даній роботі пропонується виконувати геометричне моделювання кривої лінії на обмеженій площині, кривина якої описується параболічним законом розподілу кривини.

Розглянемо ділянку плоскої кривої, яка генерується за умови, що задано графік параболічного розподілу кривини кривої, залежно від її довжини (рис. 3).

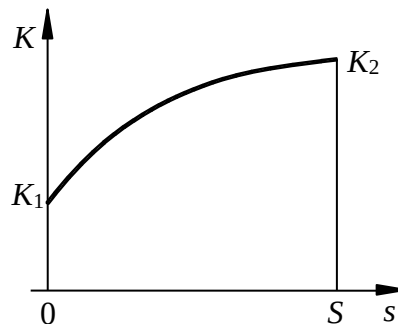


Рисунок 3 – Графік параболічного розподілу кривини

Опишемо криву, показану на рисунку, параболою другого степеня:

$$K(s) = as^2 + bs + c,$$

де $K(s)$ – параболічна залежність кривини від довжини дуги, $c = K_1$, а інші коефіцієнти знаходяться в залежності $aS + b = \frac{K_2 - K_1}{S}$.

Формула для визначення кута нахилу дотичної до кривої набуде такого вигляду:

$$\varphi(s) = \varphi(0) + s \left(s \left(\frac{as}{3} + \frac{b}{2} \right) + c \right).$$

Моделювати плоску криву лінію будемо для випадку коли є дві прямолінійні ділянки обводу, що знаходяться під різними кутами до горизонталі (φ_0 і φ_1), які потрібно з'єднати кривою лінією із забезпеченням неперервної кривини на ділянці (рис. 4).

Крива лінія будується між точками A і B , в яких задані кути нахилу дотичних (кути нахилу прямолінійних ділянок) та кривина (для прямолінійної ділянки дорівнює 0). Обмеженням по площині є пряма лінія паралельна лінії, що з'єднує точки A і B та знаходиться на заданій відстані від неї $f_{\max}$.

Крива, що моделюється буде складатись з двох криволінійних ділянок заданих параболічним розподілом кривини, де точкою стикування буде точка C , що знаходиться на максимальній відстані від лінії, яка з'єднує точки A і B .

Для спрощення побудови криволінійних ділянок, геометричне моделювання будемо виконувати в прямокутній системі координат, центр якої знаходиться в точці A , а вісь x проходить через точку B (рис. 5).

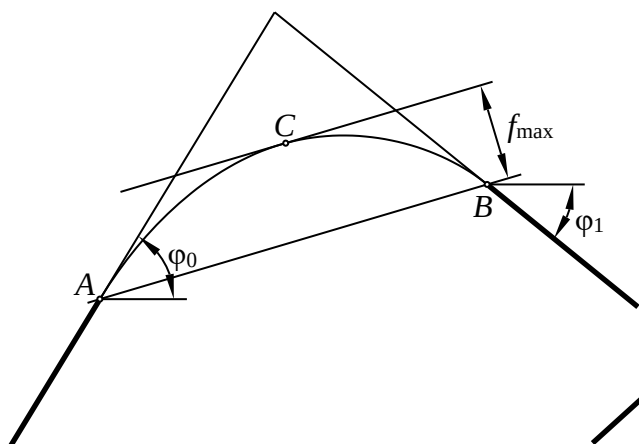


Рисунок 4 – Формування обмежень для кривої з параболічним розподілом кривини

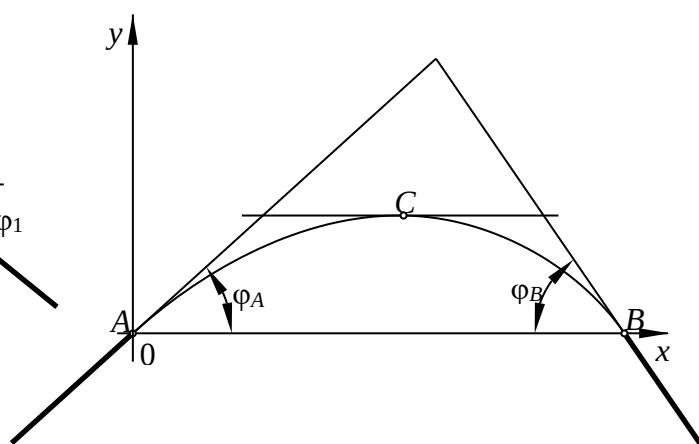


Рисунок 5 – Система координат для моделювання

Тоді кути нахилу дотичних в початковій та кінцевій точках будуть дорівнювати новим значенням – φ_A і φ_B :

$$\varphi_A = \varphi_0 - \arctan \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A};$$

$$\varphi_B = \varphi_1 - \arctan \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}.$$

Рівняння розподілів кривини криволінійних ділянок будуть мати наступний вигляд:

$$K_1(s) = a_1 s^2 + b_1 s + c_1;$$

$$K_2(s) = a_2 s^2 + b_2 s + c_2,$$

де $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$ – невідомі коефіцієнти розподілів кривини, що знаходяться в результаті моделювання криволінійних ділянок.

Підставимо граничні умови до рівнянь кривини та кутів нахилу дотичних і, після низки

перетворень, отримаємо вирази для знаходження невідомих коефіцієнтів розподілів кривини:

$$a_1 = \frac{6\varphi_A}{s_{\max}^3} + 3\varphi_B \frac{3S - s_{\max}}{s_{\max} S^2 (S - s_{\max})}; \quad a_2 = -3\varphi_B \frac{2S - s_{\max}}{S^2 (S - s_{\max})^2};$$

$$b_1 = -\frac{6\varphi_A}{s_{\max}^2} - 2\varphi_B \frac{3S - s_{\max}}{S^2 (S - s_{\max})}; \quad b_2 = 2\varphi_B \frac{3S^2 - s_{\max}^2}{S^2 (S - s_{\max})^2};$$

$$c_1 = 0; \quad c_2 = -\varphi_B \frac{s_{\max} (3S - 2s_{\max})}{S (S - s_{\max})^2}.$$

де S – довжина криволінійної ділянки від точки A до точки B ; $s_{\max}$ – довжина криволінійної ділянки від точки A до точки C . Значення довжин знаходяться в результаті моделювання.

Криволінійний обвід, отриманий за допомогою параболічного розподілу кривини, в загальному випадку матиме такий вигляд:

$$x(s) = x(0) + \int_0^s \cos \left(\varphi(0) + s \left(s \left(\frac{as}{3} + \frac{b}{2} \right) + c \right) \right) ds;$$

$$y(s) = y(0) + \int_0^s \sin \left(\varphi(0) + s \left(s \left(\frac{as}{3} + \frac{b}{2} \right) + c \right) \right) ds.$$

Враховуючи, що ділянка криволінійного обводу складається з двох кривих, кривина яких змінюється за параболічним законом розподілу, та враховуючи граничні умови, рівняння ділянок будуть наступними:

$$x_1(s) = x_A + \int_0^s \cos \varphi_1(s) ds;$$

$$y_1(s) = y_A + \int_0^s \sin \varphi_1(s) ds;$$

$$x_2(s) = x_C + \int_{s_{\max}}^s \cos \varphi_2(s) ds;$$

$$y_2(s) = y_C + \int_{s_{\max}}^s \sin \varphi_2(s) ds.$$

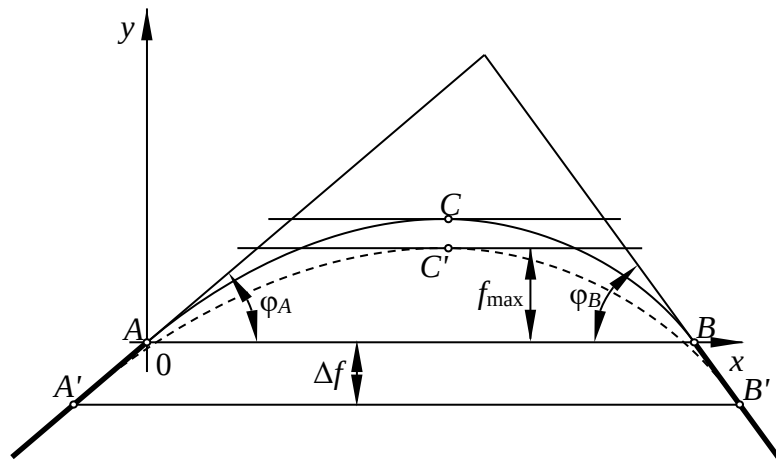


Рисунок 6 – Зміна початкової та кінцевої точки

Одна з граничних умов, а саме обмеження площини, не впливає на кривину та кут нахилу дотичної, тому розглянемо додаткові рівняння, що це обмеження враховують. У випадку якщо координата у точки C , отриманої кривою, не відповідає значенню $f_{\max}$, потрібно

змістити точки A і B вздовж прямолінійних ділянок на значення Δf (рис. 6).

Таким чином, з урахуванням всіх граничних умов, рівняння першої ділянки набудуть наступного вигляду:

$$x_1(s) = x_A - \frac{\Delta f}{\tan \varphi_A} + \int_0^s \cos \varphi_1(s) ds;$$

$$y_1(s) = y_A - \Delta f + \int_0^s \sin \varphi_1(s) ds.$$

Підставимо до отриманих рівнянь координати проміжної C та кінцевої B точок:

$$x_C = x_A - \frac{\Delta f}{\tan \varphi_A} + \int_0^{s_{\max}} \cos \varphi_1(s) ds;$$

$$f_{\max} = y_A - \Delta f + \int_0^{s_{\max}} \sin \varphi_1(s) ds;$$

$$x_B - \frac{\Delta f}{\tan \varphi_B} = x_C + \int_{s_{\max}}^S \cos \varphi_2(s) ds;$$

$$y_B - \Delta f = f_{\max} + \int_{s_{\max}}^S \sin \varphi_2(s) ds.$$

В цих рівняннях чотири невідомих, але їх можна звести до двох рівнянь з двома невідомими, якщо виконати відповідні перетворення. Наведемо вирази для знаходження двох інших невідомих:

$$x_C = -\frac{\Delta f}{\tan \varphi_A} + \int_0^{s_{\max}} \cos \varphi_1(s) ds;$$

$$\Delta f = k \left[-x_B + \int_0^{s_{\max}} \cos \varphi_1(s) ds + \int_{s_{\max}}^S \cos \varphi_2(s) ds \right],$$

де $k = \frac{\sin \varphi_A \sin \varphi_B}{\sin(\varphi_B - \varphi_A)}.$

Отже, для розв'язання задачі моделювання криволінійного обводу з параболічним розподілом кривини на обмеженій площині достатньо розв'язати систему інтегральних рівнянь з невідомими $s_{\max}$ і S :

$$\int_0^{s_{\max}} [\sin \varphi_1(s) - k \cos \varphi_1(s)] ds - k \int_{s_{\max}}^S \cos \varphi_2(s) ds = f_{\max} - kx_B;$$

$$\int_{s_{\max}}^S [\sin \varphi_2(s) + k \cos \varphi_2(s)] ds + k \int_0^{s_{\max}} \cos \varphi_1(s) ds = -f_{\max} + kx_B.$$

Отриману систему рівнянь можна розв'язати тільки числовим методом.

Висновки. Отримано новий підхід до побудови геометричної моделі плоскої кривої лінії на обмеженій площині, що задається параболічним розподілом кривини. Плоска крива, що моделюється, з'єднує між собою прямолінійні ділянки. Отримана модель може застосовуватись для моделювання перехідної кривої залізничних колій.

В подальшому планується розробити програмний продукт (геометричний інструмент) для геометричного моделювання плоских кривих ліній із заданим параболічним розподілом кривини в залежності від різних вихідних даних.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Устенко С.А. Геометрична теорія моделювання криволінійних форм лопаткових апаратів турбомашин з оптимізацією їх параметрів: дис. ... доктора техн. наук: 05.01.01 / Устенко Сергій Анатолійович. – К.: 2013. – 349 с.
2. Фокс А. Вычислительная геометрия. Применение в проектировании и на производстве / А. Фокс, М. Пратт. – М.: Мир, 1982. – 304 с.
3. Михайленко В.Є. Дискретне моделювання на базі інтегральної моделі кривої / В.Є. Михайленко, В.Г. Лі // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К: КНУБА, 1999. – Вип. 66. – С. 3-8.
4. Pal T.K. Two-dimensional curve synthesis using liner curvature elements / T.K. Pal, A.W. Nutbourne // Computer Aided Design. – 1977. – Vol. 9. – No 2. – P. 77-84.
5. Бадаєв С.Ю. Криволінійний обвід за заданим законом кривини на основі колового сплайну / С.Ю. Бадаєв // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА, 2002. – Вип. 71. – С. 172-177.
6. Устенко С.А. Геометричне моделювання плоских кривих з заданою кривиною в граничних точках / С.А. Устенко // Вестник Херсонского национального технического университета. – Херсон: ХНТУ, 2014. – Вып. 3(50). – С. 619-623.
7. Устенко С.А. Дослідження кривих ліній, заданих кубічним розподілом кривини / С.А. Устенко, С.В. Діданов, О.Ю. Агарков // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2014. – №2 (50). – С. 164-172.
8. Устенко С.А. Подання кривини обводів алгебраїчною кривою 4-го порядку / С.А. Устенко // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2014. – Вип. 4, том 58. – С.144-148.
9. Борисенко В.Д. Геометричне моделювання плоского криволінійного обводу за заданою кривиною / В.Д. Борисенко, С.А. Устенко, В.Є. Спіцин // Геометричне та комп'ютерне моделювання. Праці Харківського державного університету харчування та торгівлі. – Харків: ХДУХТ, 2004. – Вип. 5. – С. 30-34.

С. А. Устенко

Николаевский национальный университет имени В. А. Сухомлинского

ПОСТРОЕНИЕ ПЛОСКОЙ КРИВОЙ С ПАРАБОЛИЧЕСКИМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ КРИВИЗНЫ НА ОГРАНИЧЕННОЙ ПЛОСКОСТИ

Аннотация: В данной работе предлагается подход к моделированию плоской кривой линии на ограниченной плоскости, кривизна которой имеет параболическое распределение. Особенностью является то, что моделируемый участок кривой соединяет между собой прямолинейные участки, то есть кривизна на его концах равна 0.

Ключевые слова: геометрическое моделирование, плоская кривая, закон распределения кривизны, параболическое распределение, ограниченная плоскость, коэффициенты распределения, граничные условия

S. Ustenko

V. O. Sukhomlynsky Mykolayiv National University

BUILDING OF A PLANE CURVE WITH PARABOLIC DISTRIBUTION OF CURVATURE ON A LIMITED PLANE

Annotation: In this paper we propose an approach to modeling a plane curve of a line in a bounded plane whose curvature has a parabolic distribution. The peculiarity is that the simulated section of the curve connects rectilinear sections, that is, the curvature at its ends is equal to 0.

Key words: geometric modeling, plane curve, law of curvature distribution, parabolic distribution, bounded plane, distribution coefficients, boundary conditions

М. В. Чашко (канд. техн. наук, доц.),
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

С. М. Зінов'єв (канд. техн. наук, доц.),
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Д. І. Шитець,
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

В.І.Пупченко
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛОМ ГЕНЕРАЦІЇ

Анотація: Робота присвячена живленню електроспоживачів від поновлюваних джерел енергії. Розроблено алгоритм підключення сонячної батареї, вітрогенератора і акумулятора до споживача в залежності від стану первинних джерел енергії. Зроблено висновок про можливість якісно забезпечити споживача електроенергією.

Ключові слова: генерація електроенергії, вітрогенератор, управління розподіленої генерацією.

Предметом дослідження є взаємодія між генераторами і споживачами електричної енергії при використанні відновлюваних джерел енергії. Актуальність її зумовлена можливістю відмовитися від використання нафти, газу, вугілля для вироблення електрики і можливістю відмовитися від централізованого електропостачання об'єктів, віддалених від ліній електропередач.

Мета статті. Розробити алгоритм управління потоками електроенергії, що враховує їх залежність від швидкості вітру і інтенсивності сонячного випромінювання.

Викладення основного матеріалу дослідження.

В даний час в світі розвивається концепція Smart Grid [1], що припускає будівництва електроенергії централізовано на великих електростанціях і передачі її споживачам на відстані десятки і сотні кілометрів до вироблення її поблизу споживачів (ферм, житлових будинків і т.п.) з поновлюваних джерел (вітер, сонячна батарея). Держави Європейського Союзу планують до 2020 року довести частину виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії до 20%. У цих країнах серйозно обговорюється питання відмови від викопних видів палива до 2050 року і побудови енергетичного комплексу, виключно на основі альтернативних, відновлювальних джерел енергії.

Особливістю альтернативних джерел [2] є нерівномірність і некерована інтенсивність потоку енергії в часі, як правило, не збігається з інтенсивністю, необхідної споживачеві. Для узгодження генерується і споживаного потоків енергії використовується акумулятор.

Очевидна необхідність управління потоками енергії між вітрогенератором, сонячною батареєю, акумулятором і споживачем, що забезпечує надійне і безперебійне електроспоживання, незалежне від стану зовнішніх потоків - вітру та сонця. Сучасна електроніка здатна забезпечити комутацію і перетворення параметрів електроенергії, але для управління нею потрібен алгоритм.

Досліджуваний об'єкт (рис. 1) являє собою локалізований в просторі споживач електроенергії (ПЕ), з'єднаний електрично через ключі або перетворювачі ($K1 \div K6$) з сонячною батареєю (СБ), вітрогенератором (ВГ), акумулятором (АК) і резервним джерелом ,

яким може бути поновлюваних джерело енергії – дизель-генератор або лінія централізованої електропередачі.

При роботі системи розподіленої генерації пристрій управління порівнює потоки енергії від зовнішніх по відношенню до споживача джерел з потужністю, необхідної споживачеві. Залежно від значень цих потоків споживач підключається до того чи іншого джерела енергії.

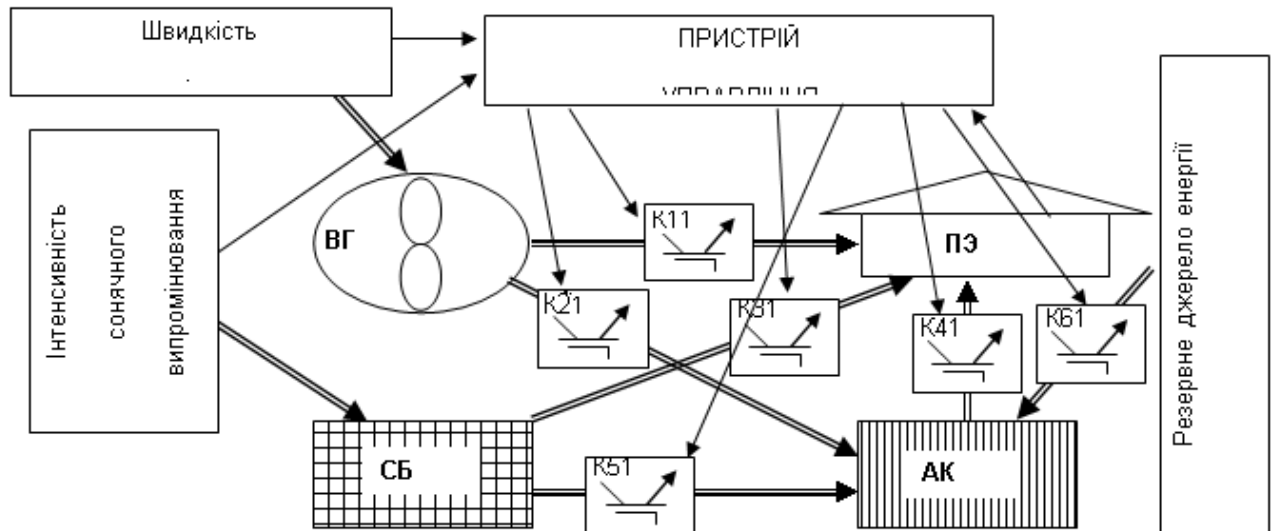


Рисунок 1 – Об'єкт з розподіленою генерацією

При роботі системи розподіленої генерації пристрій управління порівнює потоки енергії від зовнішніх по відношенню до споживача джерел з потужністю, необхідної споживачеві. Залежно від значень цих потоків споживач підключається до того чи іншого джерела енергії.

Нижче (рис. 2) представлена блок-схема, яка реалізує алгоритм роботи пристрою управління. На схемі позначено:

- РВГ - потужність вітрогенератора;
- РСБ - потужність сонячної батареї;
- РАБ - потужність акумуляторної батареї;
- РП - потужність навантаження.

Якщо немає вітру і сонця, але акумулятор має достатній заряд, щоб забезпечити необхідну споживачеві потужність (ситуація 1 на блок-схемі), пристрій управління дає команду на включення К4, яким споживачеві подається енергія від акумуляторної батареї. К4 є автономним інвертором, що перетворює напругу акумулятора в змінну напругу стандартної частоти.

Якщо немає вітру і інтенсивність сонячного випромінювання така, що СБ не може забезпечити потужність, необхідну споживачеві (ситуація 2 на блок-схемі), включаються К3 і К4, так щоб споживач харчувався від сонячної батареї і акумулятора. Пристрій К3 забезпечує роботу СБ при максимально можливому ККД.

Якщо немає сонця і швидкість вітру така, що ВГ не може забезпечити потужність, необхідну споживачеві (ситуація 3 на блок-схемі), включаються К1 і К4, так щоб споживач харчувався від вітрогенератора і акумулятора. Пристрій К1 перетворює напругу вітрогенератора до значення, необхідного споживачеві.

Якщо швидкість вітру і інтенсивність сонячного випромінювання такі, що ВГ і СБ кожен окремо не можуть забезпечити потужність споживача (ситуація 4 на блок-схемі), працюють пристрої К1 і К3, так що останній харчується одночасно від обох джерел.

Зазначені пристрої узгодять паралельну ра-боту джерел, так щоб енергія не перетікала від одного до іншого.

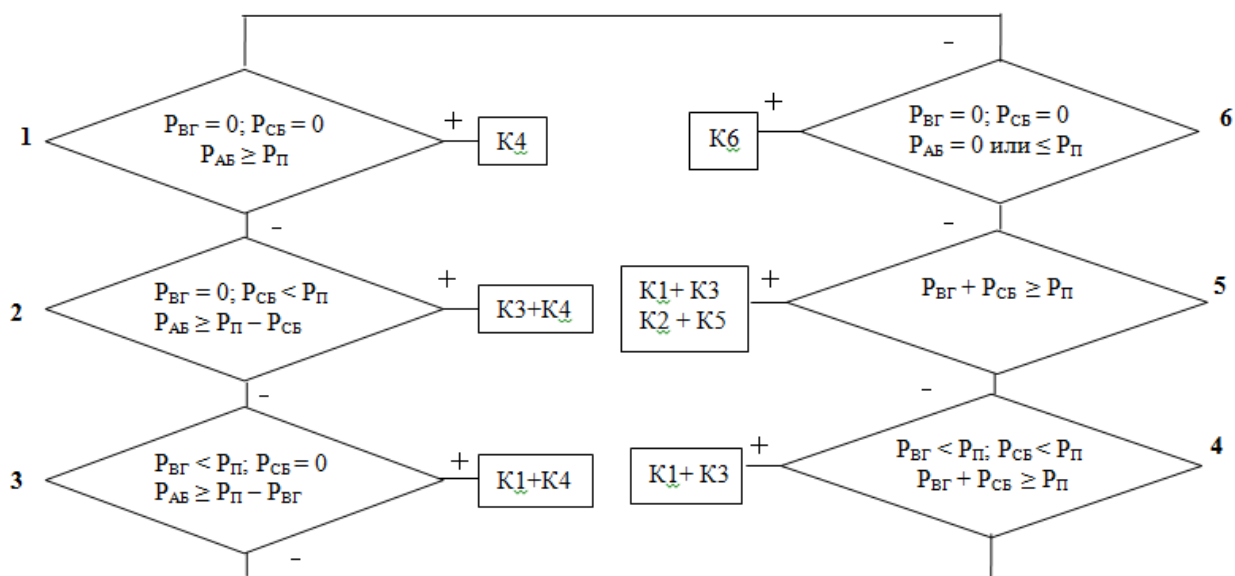


Рисунок 2 – Блок-схема роботи пристрою управління розподіленої генерацією

Якщо швидкість вітру і інтенсивність сонячного випромінювання такі, що ВГ і СБ генерують більшу потужність, ніж потужність споживача (ситуація 5 на блок-схемі), включаються пристрої K1, K2, K3 і K5, так що-б забезпечити енергією споживача, а надлишок енергії йде на зарядку акумуляторної батареї. Зазначені пристрої забезпечують енергетично раціональний режим генераторів і акумулятора.

Якщо швидкість вітру і сонячне випромінювання не забезпечують потужність споживача, а акумуляторна ба-тарі розряджена (ситуація 6 на блок-схемі), дається команда на включення резервного джерела пристроєм K6. Резервним джерелом може бути дизель-генератор або лінія електропередачі.

При реалізації описаного алгоритму необхідно поєднувати динамічні параметри генераторів електроенергії з періодом роботи пристрою управління: якщо, наприклад, зниження потужності сонячної батареї відбудеться раніше, ніж пристрій управління його виявить і компенсує, споживач буде знеструмлений або змушений знизити споживану потужність.

Висновки. При розподіленої генерації можливо забезпечити споживача необхідною потоком енергії при користуванні запропонованого вище алгоритму.

Пристрій управління для реалізації алгоритму має мати динамічні параметри, відповідними параметрам генераторів. Очевидна необхідність управління потоками енергії між вітрогенератором, сонячною батареєю, акумулятором і споживачем, що забезпечує надійне і безперебійне електроспоживання, незалежне від стану зовнішніх потоків - вітру та сонця.

Сучасна електроніка здатна забезпечити комутацію і перетворення параметрів електроенергії, але для управління нею потрібен алгоритм. Неодмінна умова розподіленої генерації - генерується за рік кількість енергії має бути не менше кількості енергії, отриманої споживачем за той же період.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Распределенная генерация электроэнергии - важное условие развития альтернативной энергетики. <http://www.alterenergy.info/interesting-facts/123-the-distributed-generation/>
2. Распределенная генерация. <http://www.alterenergy.info/>.
3. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Родькін Д.Й., Сисюк Г.Ю., Садовой О.В. – Кременчук, 2001. – 410 с.
4. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для студ. высш. учеб. зав. /Г. Г. Соколовский. – М.: Издательский дом «Академия», 2006. – 272 с.

М.В. Чашко (канд. техн. наук, доц.),

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

С.Н. Зиновьев (канд. техн. наук, доц.),

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Д.І. Шитець

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

В.І Пупченко

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ГЕНЕРАЦИИ

Аннотация: Работа посвящена питанию электропотребителей от возобновляемых источников энергии. Разработан алгоритм подключения солнечной батареи, ветрогенератора и аккумулятора к потребителю в зависимости от состояния первичных источников энергии. Сделан вывод о возможности качественно обеспечить потребителя электроэнергией.

Ключевые слова: генерация электроэнергии, ветрогенератор, управление распределенной генерацией.

M.V. Chashko (Ph.D., Associate Professor),

Donetsk National Technical University

S.M. Zinoviev (Ph.D., Associate Professor),

Donetsk National Technical University

D.I. Shytets

Donetsk National Technical University

V.I. Pupchenko

Donetsk National Technical University

DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM OF MANAGEMENT OF GENERATION DISTRIBUTION

Annotation: The work is devoted to the supply of electrical consumers from renewable energy sources. An algorithm is developed for connecting a solar battery, a wind generator and a battery to the consumer, depending on the state of the primary energy sources. The conclusion is made on the possibility of providing the consumer with electricity in a qualitative way.

Keywords: power generation, wind generator, distributed generation control.

М. В. Чашко (канд. техн. наук, доц.),
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

О. Ю. Колларов (канд. техн. наук, доц.),
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

С. М. Зінов'єв (канд. техн. наук, доц.),
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Д. Є. Мазур
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ТРИФАЗНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА

Анотація: Робота присвячена дослідженню моделі трифазного генератора у додатку для математичного пакету MATLAB Simulink, у якого магнітний потік збудження рухається відносно ротора. Показано, що асинхронізований режим роботи синхронного генератора забезпечує стійке перетворення механічної енергії в електричну.

Ключові слова: *трифазний синхронний генератор, механічна енергія, асинхронізований режим.*

Постановка проблеми. Робота присвячена дослідженню трифазного електричного генератора, у якого магнітний потік збудження переміщується щодо ротора. Актуальність дослідження обумовлена здатністю такої машини забезпечити стабільні значення і частоту напруги, що генерується при нестабільному джерелі механічної енергії. Існує проблема забезпечення стабільних параметрів електричної енергії, одержуваної перетворенням енергії механічної від нестабільного її джерела, наприклад, вітряного двигуна. Одним із способів вирішення цієї проблеми є перетворення механічної енергії в електричну асинхронізованими синхронними генераторами (АСГ). Від синхронних машин АСГ відрізняються тим, що магнітне поле переміщається щодо ротора, який його створює, від асинхронних машин АСГ – тим, що це переміщення створюється стороннім джерелом і є керованим.

Дослідження АСГ на фізичних моделях дороге, занадто багато роботи і енергоємне, сучасні технології дослідження пропонують системи комп'ютерної математики, що дозволяють визначати параметри об'єкта без його матеріального втілення. Найбільш ефективною системою, на думку авторів, є MATLAB, зокрема його додаток Simulink [1].

Мета статті. Представити просту модель АСГ для дослідження можливості отримання стабільних напруги і частоти від нестабільного джерела механічної енергії.

Матеріал і результати дослідження. Модель пристрою представлена на рисунку 1. Віртуальний стенд для визначення характеристик генератора містить асинхронізованому синхронний генератор ASG, джерело напруги збудження, навантаження. Як АСГ прийнята модель трифазної асинхронної машини з фазним ротором з бібліотеки Simulink. Як джерело збудження – бібліотечний джерело трифазного напруги, навантаження виконана у вигляді резисторів.

Модель працює наступним чином. До ротора прикладається момент, отриманий як різниця між заданим моментом і моментом, пропорційним частоті обертання. Це дає можливість стабілізувати частоту обертання при варіюванні електричного навантаження генератора. До трифазної обмотці ротора прикладається напруга від трифазного джерела, так що в роторі створюється обертовий щодо ротора магнітний потік, який індукуює в статорі ЕРС. Значення і частота ЕРС пропорційні алгебраїчній сумі частот обертання ротора і обертання магнітного потоку щодо ротора. Під дією ЕРС через обмотки статора і опору навантаження проходить струм, яким енергія передається від генератора до навантаження.

Магнітний потік, створений струмом навантаження в обмотці статора, алгебраїчно складається з магнітним потоком ротора, так що ЕРС в статорі створюється сумарним потоком.

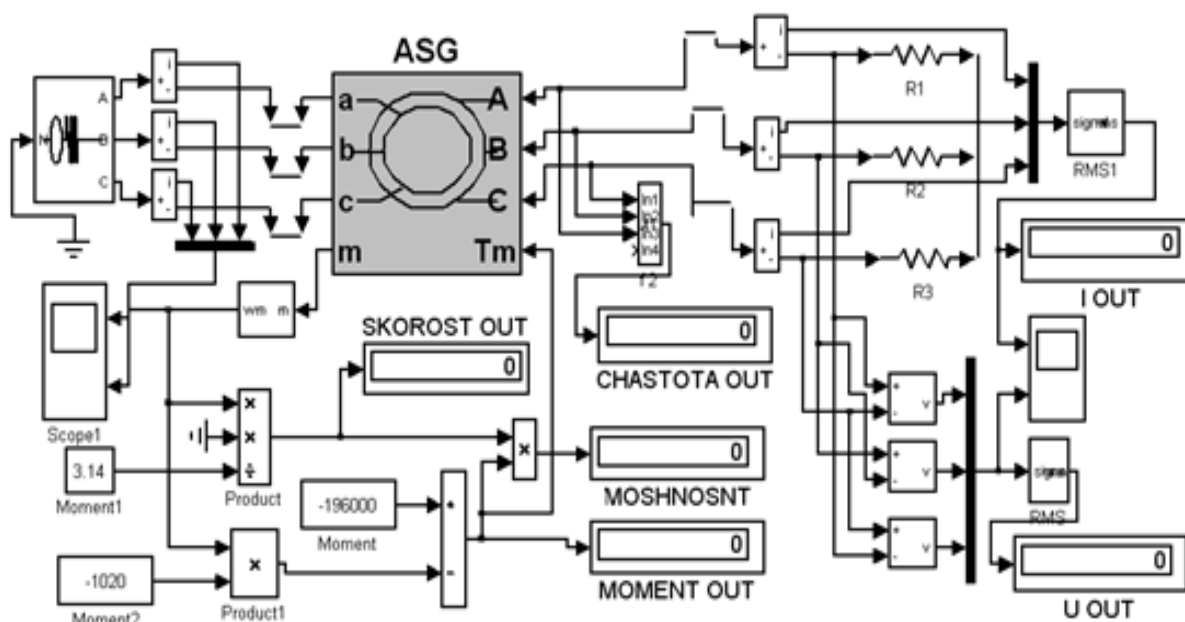


Рисунок 1 – Модель АСГ з бібліотечних елементів Simulink

Особливість АСГ в тому, що ЕРС індукується і в роторі, віднімаючись від напруги збудження, так що струм збудження проходить під дією цієї різниці, а не тільки джерела збудження, як в синхронному генераторі. Ця особливість повідомляє генератору істотні відмінності від генераторів синхронного і асинхронного.

Прототипом для завдання параметрів прийнятий синхронний турбогенератор потужністю 6 МВт, номінальною напругою 6,3 кВ. У процесі дослідження варіювалися напруга і частота збудження, частота обертання, опору резисторів навантаження. Контролювалися струм збудження, що обертає момент, напруга і струм навантаження.

Характеристики холостого ходу. Визначалися при опорі резисторів навантаження на два порядки більше, ніж номінальний опір, так що струм навантаження мав незначні значення.

Частота обертання варіювалася в діапазоні $20 \div 80$ Гц, частота збудження варіювалася в діапазоні ± 30 Гц. Напруга збудження встановлювалася таким, щоб при частоті обертання ротора 50 Гц в обмотці статора індуктується ЕРС 6,3 кВ частотою 50 Гц - при частоті збудження, що дорівнює 0. В процесі дослідження змінювалася частота обертання при нульовій частоті збудження, потім частота збудження при частоті обертання 50 Гц. Результати представлені на рисунку 2.

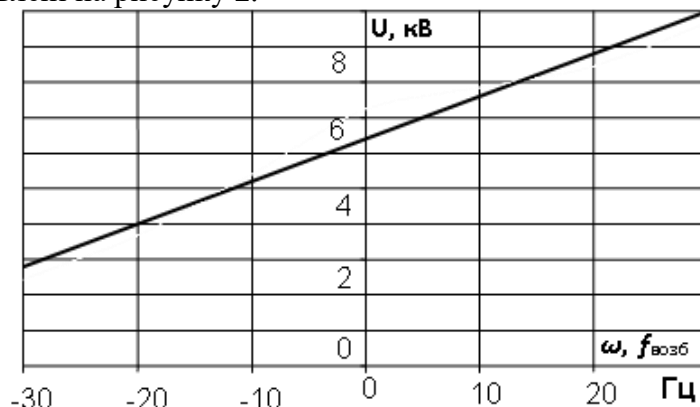


Рисунок 1 – Залежність напруги генератора від частот обертання і збудження при холостому ході

З графіка видно, що напруга генератора однаково змінюється в залежності від частот обертання і збудження з коефіцієнтом $\Delta U / \Delta f = 50 \text{ В} / \text{Гц}$. З цього випливає, що бажана частота напруги генератора може бути отримана регулюванням частоти обертання ротора, регулюванням частоти обертання магнітного поля збудження щодо ротора або їх спільним регулюванням.

Зовнішні характеристики. Визначалися для частоти напруги, що генерується 50 Гц. Частота обертання змінювалася в діапазоні 20÷80 Гц, частота збудження встановлювалася в діапазоні ± 30 Гц так, щоб частота напруги, що генерується була 50 Гц. Напруга збудження встановлювалася таким, щоб при номінальному струмі навантаження і частоті напруги, що генерується 50 Гц, значення напруги, що генерується було 6 кВ. Навантаження змінювалося зміною опору резисторів навантаження. Зовнішні характеристики представлені на рис. 3.

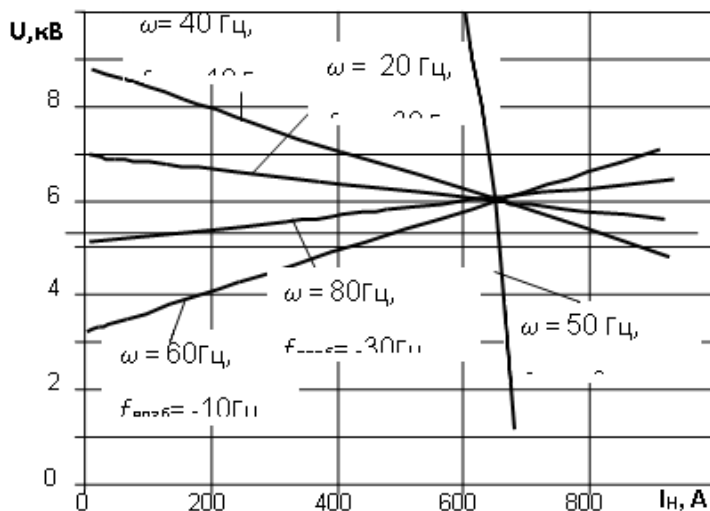


Рисунок 2 – Зовнішні характеристики АСГ при частоті вихідної напруги 50 Гц

З графіків видно, що:

- в асинхронізованому режимі характеристики істотно більш жорсткі, ніж в режимі синхронного генератора;
- при згодному напрямку обертання поля збудження і ротора напруга, що генерується зменшується зі збільшенням струму навантаження. Це пояснюється тим, що ЕРС, індукованим струмом навантаження в роторі (реакція якоря), менше напруги джерела збудження, і різниця між ними збільшується зі збільшенням навантаження. Отже, знижується результуючий потік збудження і індукована їм ЕРС якоря (статора);
- при зустрічному напрямку обертання поля і ротора напруга збільшується з ростом струму. Це пояснюється тим, що реакція якоря більше напруги джерела збудження, і різниця між ними збільшується зі збільшенням навантаження. Отже, збільшується результуючий потік збудження і індукована їм ЕРС якоря;
- чим вище частота, тим жорсткіше характеристики, менше залежність напруги від навантаження. Це пояснюється тим, що зі збільшенням частоти менше відносне значення падіння напруги в активному опорі ланцюга збудження, струм збудження у все більшій мірі залежить від різниці напруги джерела збудження і ЕРС реакції якоря, відбувається все більш повна компенсація реакції якоря.

Висновки.

1. Асинхронізований режим роботи синхронного генератора забезпечує більш стійке перетворення механічної енергії в електричну, ніж традиційний синхронний режим.
2. Зі збільшенням частоти поля збільшується стабільність генерованої напруги по відношенню до струму навантаження.
3. Та обставина, що потужність збудження становить істотну частину потужності навантаження, вимагає розробки спеціальних схем живлення ланцюга збудження, наприклад, організації генерації енергії з самозбудженням.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дьяконов В.П. Matlab 6/6.1/6.5+Simulink 4/5. Основы применения. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. 768 с.
2. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для студ. высш. учеб. зав. / Г. Г. Соколовский. – М.: Издательский дом «Академия», 2006. – 272 с.>
3. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Родькін Д.Й., Сисюк Г.Ю., Садовой О.В. – Кременчук, 2001. – 410 с.
4. Башарин А. в., Новиков В. А., Соколовский Г. Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. – Л.: Энергоиздат., 1982 – 392с.
5. Справочник по электрическим машинам: В 2 т./ Под общ. ред. И. П. Копылова. Т. 1. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 456 с.
6. Китаев В. Е., Корхов Ю. М., Свирин В. К. Электрические машины. Ч. II. Машины переменного тока: Учебное пособие для техникумов/ Под ред В. Е. Китаева. – М.: Высшая школа, 1978. – 184 с.

М.В. Чашко (канд. техн. наук, доц.),
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»
А. Ю. Колларов (канд. техн. наук, доц.),
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»
С.Н. Зиновьев (канд. техн. наук, доц.),
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»
Д.Е. Мазур
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ТРЕХФАЗНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА

Аннотация: Работа посвящена исследованию модели трехфазного генератора в приложении для математического пакета MATLAB Simulink, у которого магнитный поток возбуждения движется относительно ротора. Показано, что асинхронизированный режим работы синхронного генератора обеспечивает устойчивое преобразование механической энергии в электрическую.

Ключевые слова: трехфазный синхронный генератор, механическая энергия, асинхронизированный режим.

M. Chashko (Ph.D., Associate Professor),
Donetsk National Technical University
O. Kollarov (Ph.D., Associate Professor),
Donetsk National Technical University
S. Zinoviev (Ph.D., Associate Professor),
Donetsk National Technical University
D. Mazur
Donetsk National Technical University

MODEL OF A THREE-PHASE ELECTRIC GENERATORS

Annotation: The work is devoted to the study of the three-phase generator model in the application for the mathematical package MATLAB Simulink, in which the magnetic excitation flux moves relative to the rotor. It is shown that the synchronized operation mode of a synchronous generator ensures a stable conversion of mechanical energy into electrical energy.

Key words: three-phase synchronous generator, mechanical energy, asynchronous mode

СУЧАСНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ ЗАВАДОСТІЙКОГО ЗВ'ЯЗКУ ПІД ЧАС ВЗАЄМОДІЇ РАДІОХВИЛЬ ІЗ ІОНІЗОВАНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ

Анотація: У статті розглянуті особливості і переваги використання штучного плазмового середовища з метою компенсації зовнішньої плазмової оболонки, що підвищує завадостійкість зв'язку. Встановлено загальну фізичну закономірність взаємодії елементарних частинок в плазмі. Встановлено, що створення завадостійкого середовища залежить від енергії швидких електронів, позитивних іонів, швидких нейтральних частинок, метастабільних атомів та фотонів.

Ключові слова: завадостійкість, зв'язок, електромагнітні коливання, радіосигнал, іонізоване середовище, квазінейтральна плазма.

Постановка проблеми. З метою створення завадостійких телекомунікацій, проводиться аналіз плазмового середовища, котре утворюється навколо космічного апарата (КА) під час його руху із гіпершвидкістю. Новітні технології змінили ідеологію побудови завадостійких систем радіозв'язку, зробили можливим застосування досконалих інструментів, котрі покращують та здешевлюють підтримку функціонування зв'язку, і водночас відкривають практично невичерпні можливості супутникових телекомунікацій КА.

Іонізоване плазмове середовище створює частотно-селективну зону, не проникну для електромагнітних коливань радіодіапазону. Як наслідок, відсутня зворотна інформація від об'єкта керування - КА та унеможливлення передачі керуючих команд на нього, що призводить до знижується безпека руху об'єкта. Тому забезпечення якісного, а саме головного, безперервного зв'язку, є нагальною проблемою.

Аналіз попередніх досліджень. Останнім часом досягнуто помітний прогрес у вивченні неврівноважених станів плазмового середовища, що оточує КА [1, 2]. Квазінейтральна плазма містить заряджені (позитивні іони та негативні електрони) та нейтральні частинки, оскільки ці частинки рухомі, плазма може проводити електричний струм. Для недопущення втрати зв'язку із КА, науковцями запропоновано кілька підходів [2]. Наприклад, антени із тепловим захистом, конструкція котрих володіє зниженою чутливістю своєї радіопрозорості до взаємодії із іонізованим газом аеродинамічного нагріву. Або використання довгих теплостійких антен, котрі виносяться за плівку плазмової оболонки.

Дані підходи, направлені на покращення завадостійкості проходження радіосигналу, але вони суттєво погіршують аеродинаміку рухомого об'єкта. При цьому у доступних джерелах не наводиться інформація про створення завадостійкого середовища без погіршення аеродинаміки КА та енергоефективних методів впливу на плазмову оболонку.

Мета статті. Визначення основних закономірностей взаємодії радіосигналів із плазмою іонізованого газу для подальшого створення завадостійкого радіоканалу зв'язку.

Викладення основного матеріалу дослідження. Для детального вивчення властивостей плазми необхідні дослідження фізичних процесів, що призводять до створення плазмового середовища з новими властивостями [3]. Результати досліджень [4] тліючого розряду дозволяють обґрунтовано зробити висновок про те що, механізм елементарних процесів катодної області повністю забезпечує самостійне існування всього тліючого розряду.

Під впливом позитивних іонів, що потрапляють на КА із великою енергією та швидких нейтральних атомів, котрі створюються в процесі перезаряджання іонів, на поверхні виникає велика вторинна електронна емісія. Ефект розряду плазми пояснюється коливальними рухами електронів, що пронизують плазму. Потік швидких електронів із одного темного простору

досягає, через плазму подвійного випромінювання, протилежного такого простору. Потім зупиняється, повертає до його поля зворотно і повертається в перший темний простір [4].

Результатом таких багатократних зворотно-поступальних рухів електронів є збільшення їх іонізуючої та збуджуючої здатності, котра призводить до підвищення щільності струму та збільшення напруженості електричного поля, в результаті чого створюються умови для вторинного підсилення струму [3, 4].

Деякі дослідники, із метою створення завадостійкого радіоканалу зв'язку, пропонують підсилення сигналу, котре може бути створене резонансом, або узгодженими електромагнітними коливаннями, між плазмовою оболонкою, спеціально створеним узгоджувальним шаром та КА. Вони пропонують додати цей шар для створення необхідних умов резонансу під час руху на гіпершвидкості. Вважають, що узгоджувальний шар буде виконувати функції конденсатора, як у звичайному електричному колі. Плазмova оболонка, з іншого боку, буде діяти як котушка індуктивності, котра запобігає зміні електричного струму, що проходить через неї. Коли конденсатор та котушка індуктивності з'єднані, вони можуть утворити резонансний контур.

Як тільки резонанс буде досягнуто, енергія почне стійко циркулювати між плазмою та штучно створеним узгоджувальним шаром, аналогічно до звичайних конденсатора та котушки в електричному колі. Як результат, радіосигнал що надходить із пристрою радіолокації може розповсюджуватись через узгоджувальний шар та плазмovu оболонку безперешкодно.

Але для ефективної роботи цього підходу товщина узгоджувального шару і плазмової оболонки повинна бути меншою, ніж довжина електромагнітних хвиль, котрі використовуються для комунікації із КА.

Запропонований метод не буде працювати, якщо частотний діапазон антен буде занадто високим, що має місце в даний час. Тому даний метод практичного застосування не отримав.

Перспективним методом створення завадостійкого зв'язку є вплив на плазмovu оболонку із середини КА. Це можливо шляхом взаємодії елементарних частинок плазми із штучно створеним джерелом елементарних процесів.

Тліючий розряд, за зовнішнім виглядом, являє собою короткий розряд, у випадку, коли анод знаходиться на відстані від катоду, котра не перевищує товщину темного фарадеевого простору, за умови відповідного тиску газу.

Плазма від'ємного випромінювання локалізована в катодній області тліючого розряду між круковим та фарадеевим темним простором. Порівняно з плазмою позитивного стовпа дана плазма має значно менші розміри, в наслідок чого ця область розряду тривалий час мало приваблювала увагу дослідників та ще менше мала практичного використання. Однак, як показали дослідження за останні роки [3, 4], плазма від'ємного випромінювання за своїми параметрами має ряд переваг порівняно з плазмою позитивного стовпа, таких, як висока інтенсивність випромінювання, малий питомий енерговнесок та інше. Вона відіграє важливу роль у створенні нових зарядоносіїв та забезпечує стаціонарність розряду. Просторова однорідність плазми від'ємного випромінювання, котра створена циліндричною системою пучкових електронів, дозволяє проводити в оптимальних умовах вивчення процесів збудження, іонізації, рекомбінації та визначення фізичних констант у цих процесах. Створює підґрунтя для формування функції розподілу електронів за енергіями. Дозволяє створювати просторово однорідну іонізацію в перетворювачах енергії.

Штучно створена плазма просто утворюється в зонах позитивного стовпа та від'ємного випромінювання тліючого розряду [5]. Згідно з [6], плазма від'ємного випромінювання за інтенсивністю в 3 - 4 рази вище випромінювання плазми позитивного стовпа, а енерговитрати на її створення у таку ж кількість разів менші, ніж на створення позитивного випромінювання.

На основі досліджень [7] можна зробити висновок, що в результаті незначної середньої енергії та достатньо високої концентрації повільних електронів основну роль відіграє взаємодія електронів.

В усталеному розряді єдиною областю світіння є від'ємне випромінювання, що симетрично розташоване в середині.

Катодне падіння в розряді з порожнистим катодом є більш крутим, оскільки за умови високого його падіння, темний круковий простір має меншу довжину. Це призводить до того, що напруженість електричного поля має більшу величину. В такому електричному полі електрони та іони набирають велику кінетичну енергію, котру витрачають у від'ємному випромінюванні на іонізацію та збудження нейтральних атомів, рис.1. Також, нейтральні частинки газу збуджуються під дією атомів катодного матеріалу та його іонів.

Згідно з [8], у спектрі випромінювання плазми від'ємного випромінювання є велика кількість іскрових ліній. Найбільша інтенсивність плазми зосереджується на її осі, в той час як у плазмі від'ємного випромінювання з плоским катодом найбільша інтенсивність розташована на межі з темним круковим простором.

Під впливом позитивних іонів, що потрапляють на катод із великою енергією та швидких нейтральних атомів, котрі створюються в процесі перезаряджання іонів, на поверхні катода виникає велика вторинна електронна емісія. Інтенсивне випромінювання з плазми також вносить суттєвий внесок до вторинної електронної емісії.

На основі цього в розряді спостерігається значно менша напруга горіння, ніж у аномального катодного падіння потенціалу в розряді з порожнистим катодом.

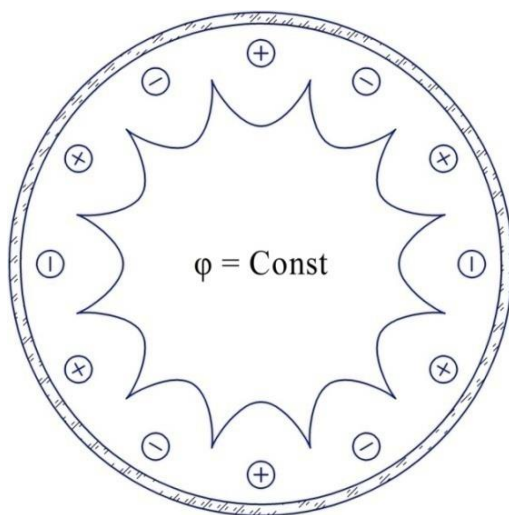


*Рисунок 1 - Геометрія електростатичного поля штучно створеної плазми:
+ стрижневі аноди; - стрижневі катоди*

Для створення ефективності плазми важливий не коливальний рух електронів, а злиття від'ємних випромінювань. В цьому випадку доля метастабільних атомів, іонів та фотонів, що надходять із плазми від'ємного випромінювання на катод, значно зростає.

Навколо антени КА генерується плазма від'ємного випромінювання, котра відштовхує іонізований зовнішній потік плазми, тим самим створює радіопрозоре середовище. Це відбувається без втручання у зовнішню конструкцію КА, а залежить від геометрії плазмових електродів, тиску та роду газу.

Дослідження проблем катодної області в короткому тліючому розряді є далеко незавершеним. Тліючий розряд має просторову неоднорідність, котра обумовлена наявністю достатньо великого числа розрядних зон між електродами та амбіполярної дифузії. В кожній із цих зон переважає один із кількох елементарних процесів.

Висновки. Побудова системи підвищеної завадостійкості радіосигналів при проходженні частотно-селективного середовища завмирання гіпершвидкісним КА, із застосуванням штучно створеної плазми, забезпечить підвищення безпеки радіозв'язку із об'єктом без погіршення аеродинамічних властивостей та додаткових витрат на перетворення сигналів телеметрії.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wolverton M. Piercing the Plasma: Ideas to Beat the Communications Blackout of Reentry. Scientific American. New York: Scientific American. 2009. no. 12. pp. 28–29.
2. Macheret S., Ionikh Y., Martinelli. and et. al. External Control of Plasmas for High -Speed Aerodynamics. Paper AIAA 99- 4853. 3rd WIG Workshop. Norfolk. VA. Nov. 1999, P. 16.
3. Smirnov Boris M. Theory of Gas Discharge Plasma. Springer Series on Atomic, Optical, and Plasma Physics, Switzerland. – 2015. – P 423.
4. Райзер Ю. П. Физика газового разряда / Ю. П. Райзер. – Москва :Интеллект, 2009. – 736 с.
5. Грановский В. Л. Электрический ток в газе. Установившийся ток / В. Л. Грановский. – Москва: Наука, 1971.– 543 с.
6. Wilhelm J., Kind W. // Beitr. Plasmaphysik v.5, p. 395,1965.
7. Hantzsche E., Popescu I., Lova I. Ann. d. Physik, 1969, 5, p. 308.
8. Rohatgi Vijay K. Electronic and Ionic Current at the Cathode of a Hollow Cathode Discharge. Journal of Applied Physics, 32, 1173 (1981).

О. В. Шефер

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ПОСТРОЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЙ СВЯЗИ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ РАДИОВОЛН С ИОНИЗИРОВАННОЙ СРЕДОЙ

Аннотация: В статье рассмотрены особенности и преимущества использования искусственной плазменной среды с целью компенсации внешней плазменной оболочки, что повысит помехоустойчивость связи. Установлена общая физическая закономерность взаимодействия элементарных частиц в плазме. Установлено, что создание помехоустойчивой среды зависит от энергии быстрых электронов, положительных ионов, быстрых нейтральных частиц, метастабильных атомов и фотонов.

Ключевые слова: помехоустойчивость, связь, электромагнитные колебания, радиосигнал, ионизированная среда, квазинейтральная плазма.

O. V. Shefer

Poltava National technical Yuri Kondratyuk University

THE MODERN ASPECTS OF NOISE IMMUNE COMMUNICATION CONSTRUCTION DURING THE RADIO WAVES INTERACTION WITH THE IONIZED ENVIRONMENT

Annotation: In article peculiarities and advantages of artificial plasma environment using the for the purpose of an external plasma cover compensation are considered. It will raise noise immunity of communication. The general physical consistent pattern of elementary particles interaction in the plasma is determined. It is established that the creation of noise immunity environment depends on energy of fast electrons, positive ions, fast of neutral particles, metastable atoms and photons.

Keywords: noise immunity, communication, electromagnetic oscillations, radio signal, ionized environment, quasinneutral plasma

Геомеханічні проблеми розробки корисних копалин та охорона праці

УДК 621.9

В. Б. Гого (д-р техн. наук, проф.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

В. О. Сироватченко,

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

О. І. Михайлов,

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСОБІВ БОРОТЬБИ З ПИЛОМ ДЛЯ СУЧАСНИХ ГІРНИЧИХ КОМПЛЕКСІВ

Анотація: сучасні очисні комбайни гірничих комплексів оснащуються системами безпосереднього дистанційного управління (пультом управління) та програмного автоматизованого управління зрошуванням та пилоподавленням при великих швидкостях подачі комбайну. Система датчиків моніторингу зрошування і стану вузлів має видавати необхідну інформацію диспетчеру, що дуже важливо для охорони і безпеки праці гірників, а тому важливо мати характеристики комплексів з позицій захисту від пилу зрошуванням.

Ключові слова: *комбайн, гірничий комплекс, пил, захист, зрошування.*

Актуальність проблеми розвитку паливно-енергетичного комплексу України, а також підземного видобутку вугілля, руди, сировини будматеріалів тощо потребує впровадження сучасних механізованих комплексів, оснащених ефективними системами боротьби з пилом для підвищення ефективності заходів з охорони праці. Механізовані комплекси також активно використовуються, зокрема, на відкритих рудниках з видобутку будівельних матеріалів – щебня, піску та іншої сировини з переважно пластовою структурою залягання. Застосування механізованих комплексів дозволяє поєднувати в часі основні операції видобутку сировини: виїмку, доставку, кріплення, а також здійснювати боротьбу з пилом, що утворюється в процесах руйнування та транспортування матеріалів. Динамічні зв'язки механізмів комплексів забезпечують узгоджені циклічні режими дії всього обладнання, що мінімізує утворення пилу. Так, наприклад, у вугільних та рудних шахтах очисні механізовані комплекси складаються з виймальних машин, комплектів секцій гідрофікованого пересувного забійного кріплення, забійний пересувний конвеєр тощо та обладнання для боротьби з пилом гідросистемою пилоподавлення з контролем стану повітря у виробках, зокрема кількісного вмісту метану.

Особливою конструктивною вимогою до комплексу та систем боротьби з пилом є забезпечення тривалої, стійкої, високопродуктивної і безпечної роботи в умовах, що змінюються, зокрема відносно запиленості рудникового повітря в забої. Тому кожен засіб, модуль або елемент, що входять у комплекс, має бути внадійним у вибухо та іскробезпечному варіанті конструктивного виконання.

При розробці конструкцій засобів боротьби з пилом треба керуватися чинними правилами безпеки у вугільних шахтах (рудниках) та рядом інших галузевих нормативних документів і вказівок, особливо стосовно боротьби з пилом та метаном. В загальних конструктивних та експлуатаційних вимогах до засобів боротьби з пилом має бути відображено основні ознаки виконання механічного та електричного устаткування комплексу. У вугільній промисловості України застосовуються головним чином механізовані комплекси для відпрацювання пластів з кутами падіння 0-35°. Тут слід зазначити

раціональність переходу на відпрацювання лав зі збільшеними до 250-400 м довжинами, що дозволяє значно скоротити процеси утворення пилу у підготовчих роботах.

Аналіз попередніх досліджень дає підстави стверджувати, що стосовно потужних високопродуктивних комбайнів, що утворюють значну кількість пилу, передбачається перехід від системи електропостачання напругою 660В на напругу 1140, 2300, 4160 В (наприклад, комбайни серії «Електра», німецької фірми DBT), а в подальшому на напругу 6-10 кВ. При цьому у залежності від типорозміру і комплектації ваги комбайнів змінюється від 3-5 т (для тонких пластів) до 30-50 т - для виїмки вугілля з пластів середньої потужності і до 75-100т - для потужних пластів. Все це нагально вимагає підвищити ефективність системи подавлення пилу гідравлічним зрошуванням.

Модульне компонування системи зрошування у сучасних комбайнів і наявність однієї основної несучої рами, до якої швидко роз'ємними сполуками кріпляться усі блоки комбайна, у тому числі, і пилоподавлення, забезпечують швидке «збирання-розбирання» комбайну, поузлову заміну при ремонтах, виключення необхідності ремонту в шахтних умовах, можливість роботи з двома або з одним приводом різання, подачі тощо. Все це призводить до підвищення надійності роботи комбайнів та зниження витрат на їх обслуговування і ремонт при відповідній ефективності пилоподавлення зрошуванням.

Сучасні очисні комбайни оснащуються системами безпосереднього дистанційного радіоуправління (пультом управління) та програмного автоматизованого управління при великих швидкостях подачі комбайну, що перевищують середню швидкість переміщення машиніста. Система датчиків моніторингу зрошування і стану вузлів має видавати необхідну інформацію диспетчеру, що дуже важливо для охорони і безпеки праці, а тому важливо мати характеристики комплексів з позицій гідравлічного захисту від пилу зрошуванням.

Мета статті - обґрунтувати найбільш ефективний напрямок для розробки засобів гідравлічного подавлення пилу сучасних гірничих комплексів на основі зрошення.

Основний матеріал дослідження. На підставі аналізу конструктивних особливостей систем боротьби з пилом, що застосовують у сучасних гірничих комбайнах, наприклад, у комплексі КМ138, визначим основні ознаки ефективною системи гідравлічного зрошування для пилоподавлення. Пристрій для боротьби з пилом комплексу КМ138 складається із гідравлічної зрошувальної установки НУМС200С, гідравлічних та відповідних електричних зведень. Присунений до забою комбайн, знімає смуги вугілля, що спричиняє утворення пилу. Також активно утворюється пил коли секції пересування механізованого кріплення забезпечують рух та кріплення. На відстані найбільш поширеними при підході до комбайну виконуються кінцеві операції, що входить до самозарубки комбайну у протилежному напрямку, які спричиняють пилоутворення. Самозарубка є безнішевою виїмкою вугілля, наприклад, з таким обладнанням механізованого гірничого комплексу у складі: комбайновий очисний комплекс, т.т. комбайн, забійний скребковий конвеєр, кабелеукладач, кріплення сполучення, енергопоїзд управління, насосні станції і насосна установка датчиків, мікропроцесорне обладнання вузлів, систем комбайна, контролю і оцінки необхідної інформації машиністу комбайна характерні технологічні схеми роботи сформованих на основі сучасних зазначеними схемами мається на увазі відповідних операцій, спрямованих видобутку вугілля. ОМК, а також гідравлічна система зрошування

У початковому положенні комбайн розташований на одному з кінців лави секцій кріплення, що віддалені від найбільш поширеного заряджена кріплення. Кріплення сполучення починає переміщатися і здійснюється проходом комбайну, що призводить до зняття розпору на відстані 12-15 м від комбайну. Поширено хвилеподібне пересування конвеєру комбайну до штреку (відкатувального або кінцеві операції, до складу яких, поряд з комбайна в пласт з метою його підготовки напрямку, що є обов'язковою операцією при різанні вугілля і оцінки режиму роботи комбайну за фактором боротьби з пилом зрошуванням. Оператор лави, а також роботи комбайнових агрегованих комплексів, тримає на увазі положення забійних конвеєрів у лаві. Для пересування секцій конвеєру тощо, відкатувального або вентиляційного обладнання поряд з іншими роботами проводиться

підготовка до виїмки вугілля з реалізацією прогресивної попередньої підготовки ніш з обов'язковим зрошуванням пилю та відбитої гірничої маси.

Після виконання кінцевих робіт виконуються роботи у протилежному напрямку лави. Така основна послідовність роботи комбайна, а якщо у напрямку комбайн здійснює перегін з попутною зачисткою проходу, тоді його конвеєр залишається на холостому перегоні машини. Слід зазначити, що челноковий, так і односторонній фронтальний пересув конвеєра дає проход комбайна. Відмінною особливістю ОМК є обладнання гірничого виробництва для схеми самозарубки косими заїздами. Фронтальні досить є трудомісткими, немеханізованими і небезпечними для проведення робіт, тому застосовують два способи самозарубки косими заїздами з активним гідравлічним пилоподавленням.

Фронтальна самозарубка способу косих заїздів здійснюється у лаві, де оголюється порівняно при нестійких породах покрівлі. Тому необхідно, щоб напірні зусилля гідродомкратів механізованого кріплення очисних операцій здійснювались надійно при зрошуванні гірничої маси. Найбільш прийнятний, виходячи з аналізу усієї сукупності гірничих умов очисної ділянки, є виконання кінцевих операцій з підвищеним зрошуванням, де комбайн починає послідовність своїх нових операцій. Якщо комбайн працює по односторонній схемі, то здійснює виїмку масиву, а в зворотному зачисткою ґрунту пласта. Як і в першій дії при його роботі з виїмки пересування залишається у початковому положенні, а пересуваються перегоні машини. Треба зазначити, що в обох випадках (як під час роботи за односторонньою схемою) може здійснюватися пересування конвеєра - одночасно по всьому штреку до іншого.

Особливістю технологічної схеми є те, що струг працює тільки за фронтальною схемою. Фронтальна самозарубка здійснюється на досить порівняно невеликих площах покрівлі. Однак при її гідродомкратах пересування очисних комплексів, були прийняті способи самозарубки за сукупністю гірничо-геологічних умов, коли починається виїмка смуги вугілля, що відповідає челноковій односторонній схемі. Після роботи стругу тільки за челноковою схемою, механізоване кріплення пересувається тільки після зняття кількох стружок. При цьому в залежності від рівня досконалості агрегатованою механізованого кріплення можуть використовуватися такі типові схеми пересування секцій: послідовна посекційне, послідовна пілообразная і фронтально-групова. Перша і третя схеми припускають вихідне розташування всіх секцій на однаковій відстані від грудей вибою і після зняття вугільної смуги шириною, яка дорівнює кроку пересування, відповідно послідовну пересувку кожної секції або окремих груп секцій на забій. Під час пересування секцій кріплення в обох варіантах струг з виїмки вугілля не працює.

При використанні послідовної схеми пересування все секції лавокомплекта розбиваються на окремі групи (по 3-4 секції в групі) і в початковому положенні в кожній групі розташовуються на різних відстанях від забою, таким чином утворюючи своєрідні уступи пилкоподібної форми. У міру того, як струговий виконавчий орган буде знімати стружки, а рештатного ставши забійного конвеєра - пересуватися на нові машинні дороги, відстань від передньої кромки перекриття кожної секції до грудей вибою буде зростати. Далі при досягненні зазначеної відстані на одній із секцій кожної групи (найбільш віддаленої від забою) заданої граничної величини ці секції в автоматизованому режимі пересуваються до забою на крок пересування слідом за переміщається уздовж забою стругом. Через деякий проміжок часу аналогічно пересувається до забою наступна секція з кожної групи і т.д. При цьому струг не припиняє роботу з виїмки вугілля, що значно підвищує продуктивність очисних робіт.

Забійний конвеєр є кістяком комплексу. Через нього замикаються усі кінематичні зв'язки, що забезпечують спрямованість циклічних переміщень виїмкових машин, секцій кріплення лави і кріплення сполучень, штрекового обладнання тощо. На конвеєрі встановлено фронтальний леміш або направляючі для струга з забійної сторони, а з завальної боку - жолоб для кабелепрокладача і камери для розміщення магістралей робочої рідини гідросистем, кронштейни для кріплення гідродомкратів пересування секцій кріплення і власне конвеєра. На завальному борту конвеєра встановлюються рейки для механізму подачі або передбачаються канали для тягової і холостий гілок ланцюга струга відривного дії.

Значним досягнення у вугільній промисловості України останнього десятиліття є підвищення навантаження на забій і обсягу видобутку з виїмкового стовпа, що пов'язано зі створенням надійних забійних скребкових конвеєрів продуктивністю до 2000-5000 т/год (2-6 млн. тон в рік) для лав довжиною до 250-450 м.

Безвідмовність і ресурс сучасних скребкових забійних конвеєрів забезпечується не тільки міцністю і зносостійкістю рештаків, їх змінних елементів, тягових ланцюгів і приводних зірочок, але також системою послідовного запуску двигунів без навантаження з витримкою часу, синхронізованих вирівнюванням навантаження. В приводах при розгоні скребкового ланцюга конвеєра, здійснюється пробуксовка спеціальних муфт при динамічних навантаженнях на ланцюг, відключенням двигунів для блокування ланцюга, вдосконаленням редукторів приводів конвеєрів.

Джерелом гідравлічної енергії у складі гідроприводу КК є насосні станції, які, як зазначалося вище, забезпечують дію усіх виконавчих гідроциліндрів кріплення робочою рідиною з необхідною подачею і заданим тиском. ЗАТ «Горлівський машинобудівник» освоїв серійне виробництво чотирьох насосних станцій нового покоління типу СНД для МК очисних комплексів і агрегатів, розроблених Дондипровуглемаш на базі насосних станцій типу СНТ, що раніше випускалися.

Слід зазначити, що насосні станції типу СНД мають дещо відмінні структурно-компонувальні рішення у порівнянні зі станціями типу СНТ. Ці станції складаються з двох автономних насосних агрегатів і установки бака, причому в кожному насосному агрегаті привід силового трьох або п'ятиплунжерного насоса, а також відцентрового підживлювального і шестеренчатого мастильного насосів здійснюється від загального електродвигуна. Наявність двох автономних насосних агрегатів дозволяє використовувати насосні станції СНД при різних технологічних варіантах: - робота з двома насосними агрегатами на загального споживача (при обслуговуванні високопродуктивних механізованих комплексів); - Робота з одним насосним агрегатом (другий знаходиться в резерві); - Автономне використання тільки насосного агрегату в різних галузях промисловості.

Необхідно також відзначити, що, в свою чергу, насосні станції СНД200 / 32-05 і СНД300 / 40-05 є виконаннями відповідно базових насосних станцій СНД200 / 32 і СНД300 / 40 і відрізняються від останніх тим, що додатково забезпечені високонапірною системою фільтрації підвищеної грязеемності і надійності і апаратурою управління АУСН. До складу механізованого вугледобувного комплексу 1КМ103 входять очисної вузькозахватний комбайн К103, скребковий конвеєр СП202В1.

Комплекс призначено для виїмки пластів потужністю 0,71 - 0,95 м (І типорозмір) і 0,85-1,2 м (ІІ типорозмір). Довжина забою до 170 м.

КОМПЛЕКС КМ88 призначено для механізації основних технологічних процесів видобутку вугілля пластаів потужністю 1,0-1,3м з кутом падіння по простяганню до 15°, по падінню або повстанню не більше 10°, небезпечних щодо газу та пилу, з легкозавальною покрівлею пласту, що допускає оголення за комбайном до 10м.

КОМПЛЕКС КМТ призначений для механізованого виїмки вугілля з пологоподаючих пластів потужністю 1,1-2,0м з важкими покрівлями, з кутами падіння до 20°. Виготовляється двох типорозмірів. До складу комплексу входять: кріплення 1М88; - Конвеєр СП87ПМ-02 з навісним обладнанням для ланцюгової подачі; - Комбайн 1К101; - Кабелеукладач 1КЦ70 або ланцюг тракові ЦТЧ-170; - Гідро- та електрообладнання. Комплекс може працювати як в правому, так і в лівому забої з відповідним виконанням кріплення.

До складу комплексу можуть входити: комбайн 1ГШ68 (2ГШ68) або 1К101 (РКУ13), конвеєр СП87ПМ-46 або СП87ПМ-04 з кабелеукладачем, кріплення МТ (І або ІІ типорозміру). Кріплення МТ мають підвищену несучу здатність, що дозволяє ефективно використовувати комплекси при наявності важкої покрівлі без застосування додаткових штучних засобів для її посадки. Управління машинами та обладнанням комплексу ведеться з двох місць: безпосередньо з лави і зі штреку (з пульта управління). Сполучення між робочими в лаві і оператором забезпечується системою гучномовного зв'язку. Гідравлічна система дозволяє здійснювати: роздільну посадку і розпір передніх або задніх стійок; місцеве

висунення става конвеєра і фронтальне його висунення по прямій і диференціальній схемою; контроль працездатності стійок індикатором тиску.

КОМПЛЕКС МКД 80 призначено для повної механізації виїмки і доставки вугілля, кріплення і управління покрівлею в очисних вибоях пологих пластів потужністю 0,85-1,5 м з кутом падіння до 35° і бічними породами до нестійких включно. Комплекс МКД 80 має типорозміри 1МКД80 - для пластів потужністю 0,85-1,2 м. До складу комплексу входять: кріплення механізоване 1КД80 або 2КД80, комбайн очисний КА80; 1К103 або ГШ200В Конвеєр скребковий СПЦ162 або СП291. Комплекс забезпечує: безнішеву виїмку вугілля, повну зачистку вугілля після проходження комбайна, управління кріпленням з сусідньої секції, пересувку секцій кріплення з підприєм покрівлі, автоматичного управління швидкістю подачі комбайна.

КОМПЛЕКС очисний КМ138 призначений для комплексної механізації робіт в лавах на пластах потужністю 1,4-2,1 м з кутом падіння до 25° при продвіганні забою по простяганню пласта, до 12° - по падінню і повстання, спокійною гіпсометрії пласта, безпосередній покрівлі середньої стійкості, основний покрівлі до важкої включно і ґрунті з несучою здатністю не менше 2,5 МПа.

До складу комплексу входять: кріплення механізоване М138, комбайн очисний РКУ13 або РКУ16, конвеєр скребковий СПЦ271. Консоль перекриття - керована. Схема роботи комбайна - Челнокова. Очисні АГРЕГАТИ забезпечують фронтальне відпрацювання вугільного вибою одночасно за всією довжиною очисного вибою, на всю потужність пласту з безперервною подачею відбійно-доставочного органу агрегату на забій; фронтальна, одночасна пересування груп секції кріплення по всій довжині очисного вибою; дистанційне керування агрегатом з знаходиться в штреку пульта управління. Агрегат АЗ і інші агрегати дозволяють здійснювати малоопераційних технологію робіт в очисному забої; суміщення в часі всіх операцій в очисному забої і на прилеглих штреках; висновок людей із забою під час виконання цих операцій. Фронтальний агрегат АКЗ призначений для виїмки похилих і крутих пластів потужністю 1,6-2,5 м з опірністю вугілля різанню до 200 кН/м, породами покрівлі середньої стійкості і опором ґрунту вдавненням до 0,75 МПа. Основні елементи агрегату АКЗ: кільцевий струговий виконавчий орган 2, що складається з пластинчастого ланцюга 17, 11 шт. резцевих кареток 14 і двох приводів 7 і 5 по кінцях очисного забою; ставки 13 агрегату, що складаються з підстав 3 і телескопічних передніх стінок 13 з верхніми і нижніми направляючими 9 і 4 виконавчого органу 2; механізоване кріплення 10 - секційна одностоечна огрядітельно- підтримує типу, що складається з верхняків 21. спинок 20, стійок 19 і черевиків 16 з опорами 13 для установки стійок, дві кріплення сполучень 8 і 11 з конвеєрним і вентиляційним штреками; скребковий перевантажувач 6 на колісному ході, пульт управління 7. магнітна станція МСВ, три насосні станції СНУ5.

В процесі дії агрегату разом з направляючими виконавчих органів комбайн у цілому рухається на забій, відштовхуючись секційними домкратами від секцій. Вугілля відбивається кільцевими струговими виконавчими органами і самопливом транспортується до штрекового перевантажувача.

Управління швидкістю подачі виконавчого органу на забій і розворотом става агрегату здійснюється з центрального, розташованого у штреку, пульта управління. Після вибору ходу домкратів 1/3 всіх секцій кріплення останні дистанційно розвантажуються, підтягуються своїми домкратами до рухомого става, а потім розпирає і включаються на подачу става. У період видвіжки 1/3 секцій ставши рухається на забій за рахунок домкратів інших 2/3 секцій. Інформація про висунення секцій кріплення за допомогою вбудованих в гідродомкрати датчиків (герконів) відображається на пульті індикації. Кріплення сполучень пересувається місцевим управлінням двома машиністами. Так забезпечується робота агрегату з видобутку вугілля без присутності людей в очисному забої і з мінімальною кількістю обслуговуючого персоналу.

На крутих пластах знайшли також широке застосування конвейеростругові агрегати 1АНЩ і 2АНЩ. Агрегати призначено для комплексної механізації очисних робіт на крутих пластах з кутом падіння 35-90 градусів, потужністю від 0,7 до 1,3 м (1АНГД) і від 1,2 до 2,2

м (2АНЩ) широкими смугами (60 м) по падінню пласту при опірності вугілля різанню до 200 кН/м.

Агрегат 1АНЩ складається з гідрофікованого щитового кріплення, конвейероструга 1, насосної станції, електричного або пневматичного обладнання та системи зрошення для боротьби з пилом, яка також може бути розташованою на вентиляційному штреку. Конвейероструг є виймальним доставковим до машини фронтальної дії, яка здійснює виїмку вугілля за всією потужністю пласту і довжиною забою, а також здійснює доставку його до вуглеспускних печей. Щитова кріплення агрегату складається з двох груп двостоякових секцій (стійки подвійні гідравлічні розсувні: основних 2 та допоміжних 4, чергуються через одну). Кожна група секцій кинематично відокремлена і пересувається примусово. Основні двостоякові секції складаються з лінійних секцій, секцій підвіски конвейероструга і кінцевих секцій підвіски, що на відміну від лінійних мають на підставі вушка, в яких закріплені гідравлічні телескопічні (з гідродомкратами) важелі підвіски. До основи секції приварена опора і встановлений гідродомкрат для гойдання конвейероструга. Основні секції з'єднані в єдину групу двома рядами зв'язків, що забезпечують вологостійкість від системи зрошення.



Рисунок 1 – Загальний вигляд очисного комбайну УКД 200-25, на корпусі якого червоними цятками вказано гідравлічні форсунки для подалення пилу та оснащення шнеків системою пилоподавлення зрошуванням.

Комбайн УКД 200-250 може застосовуватися в складі механізованих комплексів типу 1МКДД, 1МДТ, МДМ, 1МКД80, 1МКД90, 2МКД90, 2МКД90Т, оснащених скребковими конвеєрами типу СПЦ26 (СПЦ163), СП26У (СП251).

Комбайн оснащений винесеною системою подачі (ВСП), має ширину захвату 0,63 або 0,8 м і може оснащуватися шнеками діаметром 800, 900 мм з тангенціальними різцями типу РГ501 або радіальними різцями типу ЗР4.80.

Основні конструктивні особливості комбайна УКД200-250:

- розташування корпусу комбайна в уступі вибою;
- безфланцева з'єднання основних силових вузлів;
- розрахункова довговічність силових елементів редуктора групи 15000 годин;
- наявність системи охолодження редукторів ріжучої частини;
- адаптована до верхняками кріплення конструкція порталу.

Основні технічні та експлуатаційні особливості комбайна УКД200-250:

- висока надійність і ресурс, що забезпечується конструктивними параметрами комбайна і використанням високоміцних матеріалів;
- збільшення енергоозброєності приводу різання до 220 кВт;
- забезпечення мінімальної виймаємо потужності пласта 0,85-0,9 м;

- зменшення невикористаних втрат часу на усунення відмов за рахунок підвищення надійності зубчастих передач і підшипникових вузлів.

Висновки.

1. Оснащення шнеків гірничих комбайнів, а також механізованих комплексів гідравлічною системою пилоподавлення зрошуванням підвищує ефективність боротьби з пилом та є важливим захистом від фрикційного іскріння під час різання пласту, що запобігає займанню пилом повітряної суміші.

2. Основним напрямом розробки гідравлічних систем зрошування для гірничих комбайнів механізованих комплексів має бути інноваційне удосконалення гідравлічних форсунок та систем подачі води чи емульсії, наприклад, частотними імпульсами, що утворюють імпульсно - хвильве зрошення.

В. Б. Гого (д-р техн. наук, проф.),

Індустріальний інститут ГВЗУ «Донецкий национальный технический университет»

В. А. Сыроватченко,

Індустріальний інститут ГВЗУ «Донецкий национальный технический университет»

А. И. Михайлов

Індустріальний інститут ГВЗУ «Донецкий национальный технический университет»

ОБОСНОВАНИЕ СРЕДСТВ БОРЬБЫ С ПЫЛЬЮ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ГОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Аннотация: современные очистные комбайны горных комплексов оснащаются системами непосредственного дистанционного управления (пульт управления) и программного автоматизированного управления орошением и пылеподавления при больших скоростях подачи комбайна. Система датчиков мониторинга орошения и состояния узлов должна выдавать необходимую информацию диспетчеру, что очень важно для охраны и безопасности труда горняков, а поэтому важно иметь характеристики комплексов с позиций защиты от пыли орошением.

Ключевые слова: комбайн, горный комплекс, пыль, защита, орошения.

V. Gogo (Dr. Sc. (Tech.), Prof.),

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

V. Syrovatkina,

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

A. Mikhailov

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

JUSTIFICATION OF MEANS OF DUST CONTROL FOR MODERN MINING COMPLEXES

Annotation: modern cleaning combines of mountain complexes are equipped with direct remote control systems (control panel) and programmed automatic control of irrigation and dust suppression at high feed rates of the combine. The system of sensors for monitoring irrigation and condition of the nodes should provide the necessary information to the dispatcher, which is very important for the protection and safety of miners, and therefore it is important to have the characteristics of the complexes from the position of protection from dust by irrigation.

Key words: harvester, mountain complex, dust, protection, irrigation.

С. М. Зінов'єв (канд. техн. наук, доц.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

В. М. Гончарова (асист.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Є. А. Соболев,

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

В. О. Славінський

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ВПЛИВ ПОЧАТКОВОГО РОЗПОРУ НА ВЗАЄМОДІЮ З БОКОВИМИ ПОРОДАМИ

Анотація: У статті розглянуто процес взаємодії механізованого гідрофікованого пересувного кріплення з бічними породами, породами покрівлі і ґрунту. Наведено схему підключення гидростойки до системи гідроприводу механізованого кріплення і робочу характеристику гидростойки. Проаналізовано особливості режиму наростаючого опору.

Ключові слова: механізоване кріплення, гидростійка, клапан, секція, робочий режим.

Механізоване гідрофіковане пересувне кріплення в процесі взаємодії з бічними породами виконує три основні функції: управління гірським тиском (способом обвалення або іншим способом), активне підтримання покрівлі в робочому призабійном просторі очисного забою і захист його (огорожу) від проникнення завалених порід покрівлі. Крім того, механізоване кріплення в більшості випадків виконує також функції просторового переміщення забійного конвеєра очисного комплексу або агрегату в цілому, його управління по гіпсометрії і в площині пласта.

Постановка проблеми. Керованість породами в очисному забої характеризується параметрами взаємодії механізованих кріплень з породами, які визначаються не тільки властивостями покрівлі і ґрунту, а й опірністю опускання порід покрівлі з боку кріплень. Опірність визначається робочою характеристикою гидростійок і показує характер зміни опору гидростойки опускання породи покрівлі в залежності від її податливості. Отже, одним з напрямків підвищення керованості породами покрівлі в очисному забої є вибір необхідної робочої характеристики гидростійки.

Аналіз попередніх досліджень. Розберемо особливості роботи гидростійок механізованих кріплень. На (рис. 1) показана схема гидросистеми кріплення (а) і в загальному вигляді діаграма роботи гидростійки (б).

Тиск в магістралі створюється маслостанцією. Робоча рідина з тиском насосної станції $P_{н.с.}$ через трубопровід 2 подається в поршневу порожнину $П$ стійки, створюючи початковий опір. Під дією робочої рідини стійка виходить на початковий розпір, якому відповідав би опір стійки в момент її установки в робоче положення. Порода покрівлі підтримується із зусиллям $N_{н.р.}$ – зусиллям початкового розпору. Розвантажувальний клапан РК відокремлює поршневу порожнину $П$ від напірної магістралі 2. При опусканні порід покрівлі відбувається збільшення тиску в поршневій порожнині гидростійки до номінального робочого опору – середнього значення максимально допустимого опору стійки опускання порід покрівлі. У цей період гидростійка «сідає» – відбувається пружна піддатливість (зменшення довжини гидравлічної стійки за рахунок пружного стиснення рідини, деформації стінок циліндра і висувної частини) на величину Δh_y .

На цій ділянці гідростійка працює в режимі наростаючого опору (рис. 1б, лінія А-В). При цьому запобіжний клапан *ПК* і розвантажувальний клапан *РК* закриті. При підвищенні тиску в поршневій порожнині до налаштованого на запобіжному клапані *ПК* відбувається скидання робочої рідини в трубопровід 1, при цьому гідростійка працює в режимі постійного опору $N_{p.c.}$ зусиллям робочого опору (рис. 1б, лінія ВС). [1]

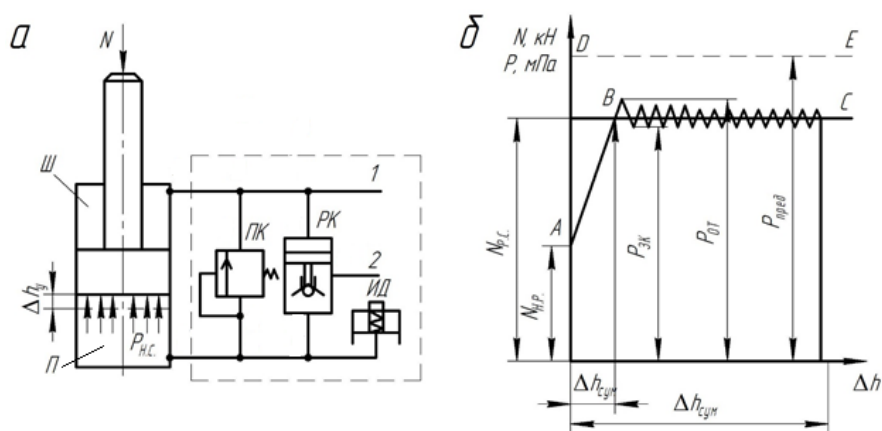


Рисунок 1 – Схема підключення гідростійки до системи гідроприводу механізованого кріплення (а) і робоча характеристика гідростійки (б)

Робота запобіжного клапана в цьому режимі характеризується величинами тисків відкриття $P_{от}$ і закриття $P_{зк}$ робочої рідини. Для контролю тиску в поршневій порожнині служить індикатор тиску *ИД*.

В кінці циклу стійка опускається на $\Delta h_{сум}$. Для розвантаження і пересування стійки рідина подається в штокову порожнину Ш по магістралі 1. При цьому відбувається примусове опускання гідростойки. Гідростійка може розвантажуватися повністю з втратою контакту перекриття з покрівлею або частково зі зниженням тиску в поршневій порожнині до заданої межі (пересування секції з активним підпором не менше 0,01 Мпа по ГОСТ 18585-73), регульованого спеціальним підпірним клапаном.

Навіть при дотриманні технології ведення робіт і номінальних режимів роботи не вдається уникнути різких стрибків навантаження на кріплення. Вони пов'язані з передчасним порушенням цілісності порід, що призводить до різких осідань гідроциліндрів, що досягають швидкості 500 мм/с. При таких просадках запобіжний клапан спрацьовує, але не встигає пропустити необхідний обсяг рідини для підтримки робочого тиску. Тиск в поршневій порожнині стрибкоподібно зростає, значно перевищуючи робочі. При підвищенні тиску вище граничного $P_{пред}$ в стійках виникають залишкові деформації, що призводить до виходу їх з ладу.

Мета статті. Провести аналіз режимів роботи механізованого кріплення та їх вплив на керування покрівлею.

Велика кількість механізованих кріплень мають наведену вище схему підключення гідростійок і робочі характеристики. І всім їм властивий недолік - час виходу на робочий режим займає великий проміжок часу від 50 до 80 хвилин. За цей час стійки дають значну усадку. Великий проміжок часу виходу механізованого кріплення на робочий режим дає можливість утворення в породах покрівлі додаткових непотрібних тріщин, це в рази ускладнює роботу стійок через їх задавлювання. Ця проблема тягне за собою ще кілька, це ускладнення пересування кріплення і значна усадка.

Умови і особливості взаємодії механізованих кріплень з породами визначаються властивостями покрівлі і ґрунту. Трьом класам покрівлі по керованості відповідає три типи деформування і зрушення покрівельної товщі.

На пластах з важкокерованими покрівлями (ІІІ клас) відбуваються інтенсивні і вельми інтенсивні вторинні опади покрівлі. При різких опадах покрівлі проявляється стрибкоподібне збільшення тиску в гідростійках (рис. 2). Амплітуда перепадів тиску залежить від швидкості опускання покрівлі (до 62 мм/с), номінального опору кріплення і початкового розпору [2].

Збільшення тиску, що призводять до виходу стійок на номінальний опір в режим роботи з постійним опором, з'являються зі значно меншою частотою, величина загального тиску в вологостійкості при цьому не виходить за межі тиску спрацювання запобіжних клапанів. Лінія D-E (рис. 1б) характеризує тиск при якому спрацювають запобіжні клапани. Номінальний тиск спрацювання запобіжних клапанів 40-50 МПа.

Від процесу взаємодії кріплення з бічними породами залежить стійкість порід покрівлі: величина гірського тиску і характер опускання. Отже, параметри роботи гідростійок і безпека робочого простору залежать від дотримання робочих режимів в гідростійках.

Дослідженнями встановлено якісну залежність загального стану покрівлі в межах підтримуваного кріпленням призабойного простору від величини її зміщення. При помірному опорі кріплення трьома періодами зсувів покрівлі відповідають три стану: гарне, задовільний і незадовільний. Перехід покрівлі з одного стану в інший залежить від опору кріплення, розподілу його по ширині підтримуваного простору, коефіцієнта початкового розпору і інших чинників. При підвищенні опору кріплення спостерігається перехід стану покрівлі від незадовільного до задовільного та доброго.

На підставі досліджень механізованих кріплень підтримуючого, підтримуюче-обгороджувального і захисно-підтримуючого типів, при взаємодії з породами трьох класів по керованості отримана залежність (1)

$$K_1 = 112 + \frac{102}{P_y^{-1}} \quad (1)$$

Можна визначити необхідний опір кріплення (0,86-1,05 МН/м²) для забезпечення задовільного і доброго стану важкокерованою покрівлі

де K_1 – зміщення (опускання) покрівлі на межі привибійного простору шириною 4 м, мм;

P_y – питомий опір кріплення, МН/м².

Дуже важливим при опусканні покрівлі з опором кріплення є встановлення частки зім'яття бічних порід і податливості самого кріплення в опусканні покрівлі при різних значеннях опору кріплення. Аналітично вирішити цю задачу дуже складно через велике різноманіття властивостей порід і значного числа випадкових факторів, що роблять істотний вплив на характеристики процесу взаємодії кріплення з породами покрівлі і ґрунту. Відповідь на це питання дають результати експериментально-статистичних досліджень: середня частка податливості кріплення в опусканні покрівлі може перебувати в межах від 9 до 58%, при цьому ймовірність випадків, коли податливість гідростійок близька до повного опускання покрівлі, досягає 10-15%. З підвищенням опору кріплення частка її податливості в сумарному опусканні покрівлі знижується [3].

Суттєво впливає на частку податливості кріплення в сумарному опусканні покрівлі в призабойному просторі за цикл роботи очисного комплексу не тільки абсолютна величина опору кріплення, але і величина її початкового розпору. Опускання покрівлі при роботі кріплення в режимі наростаючого опору (після попереднього розпору) являє собою суму зсувів, обумовлених пружністю кріплення і деформаціями покрівлі і ґрунту. Оскільки модуль деформації бічних порід значно нижче модуля пружності гідростійок, то при однаковому навантаженні опускання покрівлі за рахунок пружної і непружної деформації порід може значно збільшуватися в порівнянні з пружною піддатливістю гідростійок.

З метою зменшення опускань покрівлі, зумовлених деформаціями покрівлі і ґрунту, в якості прикладу, наведені графіки залежності відносини пружної піддатливості гідростійок першого і другого ряду кріплення Δh_y до сумарного зближення покрівлі і ґрунту до відносної величини коефіцієнта початкового розпору K_n .

Крива 1 відноситься до кріплень з номінальним опором $P_y = 500 \text{ кН/м}^2$, а крива 2 – $P_y = 750 \text{ кН/м}^2$ при роботі на пластах з покрівлею середньої стійкості. Аналізуючи рис. 2, відзначимо, що раціональне значення $\Delta h/k \geq 0,5$ може бути досягнуто при коефіцієнті початкового розпору K_n , починаючи приблизно з значень 0,5-0,7. Тому рекомендовані значення K_n для новостворюваних кріплень високого технічного рівня становлять: $K_n \geq 0,7$ для стійок подвійний розсувні і $K_n \geq 0,6$ – для стійок одинарної розсувні.

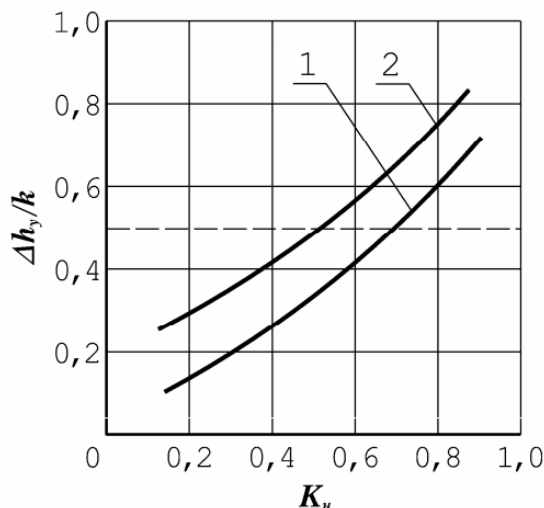


Рисунок 2 – Графік залежності відносини пружної піддатливості гідростійки першого ряду до конвергенції бічних порід від коефіцієнта початкового розпору.

Вирішити проблему задавлювання кріплення можна методом зменшення довжини Δh_y це значить створити умови для зменшення часу виходу стійки на робочий режим. Це буде тягти за собою і більш рівний графік роботи клапана (зменшить частоту його спрацьовування).

В результаті аналізу роботи механізованих кріплень очисних вибоїв було виявлено що мінімальний час виходу на робочий опір від 50 до 80 хв. Під час роботи кріплення в режимі наростаючого опору породи покрівлі втративши опори у вигляді вугільного пласта не отримують достатнього опору опускання механізованого кріплення яке не вийшло на робочі параметри.

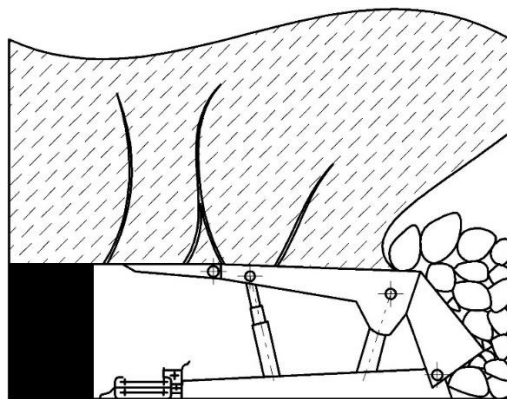


Рисунок 3 – Зображення утворення тріщин в породах покрівлі.

Занижений опір призводить до інтенсивного утворення тріщин безпосередньої і основної покрівлі (рис. 3). Це в подальшому призводить до підвищеного тиску на кріплення, швидшому просіданню підтримуючих гідростійок і цілком можливо підвищує ймовірність гірських ударів.

Висновки: Роботі механізованих комплексів, у яких час циклу приблизно дорівнює часу виходу гідростійок на робочий опір, дана ситуація має негативні наслідки тільки в підвищенні ймовірності гірських ударів.

Для механізованих комплексів у яких час циклу більше часу виходу гідростійок на робочий опір, притаманні всі недоліки, перелічені раніше. Також у випадках вимушених тривалих простоїв очисних вибоїв вибрати всю розсудливість або сісти на "жорстку" настане значно раніше.

Підвищення початкового розпору дозволить значно зменшити негативні явища, наведені раніше. Також дозволить підвищити цілісність і стійкість порід покрівлі при частковій або повній закладці виробленого простору.

Підвищення робочого тиску маслостанції спричинить за собою необхідність зміни конструкції як самої маслостанції, так і високонапірних трубопроводів, що значно підвищить їх вартість і спричинить збільшення собівартості вугілля. Отже, необхідно знайти прості і дешеві шляхи підвищення початкового розпору гідростійок механізованого кріплення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Солод В. И., Гетопанов В. Н., Рачек В. М. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов Учебник для вузов. – М., Недра, 1982, 350 с.
2. [моногр.] / [С.С. Гребёнкин, В.В. Косарев, С.Е. Топчий, Н.И. Стадник, В.И. Зензеров, В.В. Стеблин, Б.А. Перепелица, В.Н. Поповский]; под общей редакцией Гребенкина С.С. и Косарева В.В. Основы создания и эффективной эксплуатации систем жизнеобеспечения очистного оборудования для угольных шахт:– Донецк: «ВИК», 2009. – 372 с.
3. Хорин В. Н. Объемный гидропривод забойного оборудования.– 3-е изд., перераб. и доп. М., Недра, 1980. 415 с.
4. Яцких В. Г., Спектор Л. А., Кучерявый А. Г. Горные машины и комплексы. Под ред. В. Г. Яцких. Учебник для техникумов 5-е изд., перераб. и доп., М. Недра, 1984, 400 с.

С. Н. Зиновьев (канд. техн. наук, доц.),

Индустриальный институт ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

В. М. Гончарова (ас.),

Индустриальный институт ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

Е. А. Соболев,

Индустриальный институт ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

В. О. Славинский

Индустриальный институт ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОГО РАСПОРА НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С БОКОВЫМИ ПОРОДАМИ

Аннотация: В статье рассмотрен процесс взаимодействия механизированной гидрофицированной передвижной крепи с боковыми породами, породами кровли и почвы. Приведена схема подключения гидростойки к системе гидропривода механизированной крепи и рабочая характеристика гидростойки. Проанализированы особенности режима нарастающего сопротивления.

Ключевые слова: механизированная крепь, гидростойка, клапан, секция, рабочий режим.

S. Zinoviev (Ph.D., Associate Professor),

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

V. Goncharova (assistant),

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

E. Sobol,

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

V. Slavinsky

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

INFLUENCE OF THE INITIAL EXTRACTION ON INTERACTION WITH SIDE BREEDS

Annotation: *The article deals with the process of interaction of mechanized hydroficated mobile support with lateral rocks, rocks of the roof and ground. The scheme of connection of a hydraulic rack to a hydraulic drive system of a mechanized support and a working characteristic of a hydraulic rack. The features of the regime of increasing resistance are analyzed.*

Key words: *mechanized support, hydraulic rack, valve, section, operating mode.*

УДК 622.83

Б.А. Кодунов (канд. техн. наук, доц.),

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ТОЧЕК ПЕРЕГИБА КРИВОЙ ОСЕДАНИЙ

Аннотация: *В статье приведены результаты компьютерного моделирования процесса сдвижения горных пород и земной поверхности при отработке угольных пластов для условий Донбасса с целью установления закономерностей в расположении точек перегиба кривой оседаний. Выполнено сравнение полученных результатов с существующими аналитическими методами*

Ключевые слова: *область сдвижения, мульда сдвижения, кривая оседаний, деформации, точка перегиба кривой оседаний*

Постановка проблемы. Очистные работы приводят к возникновению области сдвижения, распространяющейся в направлении к земной поверхности. В результате этого в толще горных пород происходит перемещение и изгиб слоев, а на земной поверхности образуется впадина, называемая мульдой сдвижения. При образовании мульды породы перемещаются и деформируются. Для количественного описания степени перемещений и деформаций пород в мульде сдвижения используют следующие параметры: вертикальные оседания; горизонтальные сдвижения; горизонтальные и вертикальные деформации растяжения – сжатия; деформации наклонов и кривизны. Из уравнения кривой оседаний можно установить значения вертикальных оседаний, наклонов, кривизны. Горизонтальные сдвижения и деформации определяются на основе закономерностей распределения наклонов и кривизны в мульде сдвижения. Важной характеристикой кривой оседаний является расположение точек её перегиба, так как в них возникают максимальные горизонтальные сдвижения и наклоны, а также минимальные горизонтальные деформации и кривизна. Кроме того, данные точки четко и однозначно определяют пространственное расположение мульды сдвижения. Таким образом, зная расположение точек перегиба кривой оседаний, можно повысить точность предрасчета сдвижений и деформаций, что имеет большое научное и

практическое значение для прогнозирования процесса сдвижения и выбора мер охраны подрабатываемых объектов.

Анализ предыдущих исследований. В связи с особой важностью вопроса определения зависимости, описывающую форму мульды сдвижения, ему посвящено множество работ. Можно сказать, что ни одно серьёзное научное исследование, касающееся сдвижения горных пород и земной поверхности, данный вопрос не оставило без внимания. В тоже время единого общепризнанного метода и математической зависимости, описывающей форму и размеры мульды сдвижения, не существует, что предопределяет необходимость дальнейших исследований.

Официальным методом прогнозирования сдвижений и деформаций земной поверхности в нашей стране является метод типовых кривых, основанный на использовании данных натурных измерений, по которым строятся кривые сдвижений и деформаций [1].

При всех своих достоинствах, среди которых главное – использование фактических данных, полученных в результате проведения большого количества наблюдений за процессом сдвижения, данный метод не свободен и от недостатков, которые вызваны, в основном, необходимостью упрощения и обобщения методов расчета сдвижений и деформаций, что часто препятствует получению достоверной информации применительно к конкретным, часто нетипичным условиям.

Особенности сдвижения горных пород и земной поверхности проявляются при сравнении официальных методик предрасчета с результатами натурных наблюдений за деформациями и сдвижениями при разработке угольных месторождений, а также с результатами моделирования сдвижений и деформаций породного массива и земной поверхности для заданных условий. При этом нередко выявляются несоответствия между результатами, полученными согласно нормативным документам или научным рекомендациям и фактическим результатам.

Цель статьи. Задачей данной работы является установление закономерностей в расположении точек перегиба кривой оседаний с целью уточнения её формы в подработанном массиве горных пород и на земной поверхности. Для решения поставленной задачи используется метод математического анализа, а также компьютерное моделирование процесса перемещения породных блоков (частиц) при отработке угольного пласта.

Изложение основного материала исследования. Большинство исследователей сходятся во мнении, что для описания формы мульды сдвижения наиболее подходит кривая нормального распределения Гаусса. Она служит основой для построения типовых кривых, по которым выполняют прогноз сдвижений и деформаций земной поверхности согласно действующему в нашей стране нормативному документу [1]. Оседания и деформации любой точки описываются выражениями [2]

$$\eta_x = \frac{1}{2} \eta_0 \Phi \left(\frac{S_2}{CH} \right) \left[\Phi \left(\frac{S_1 + x}{CH} \right) + \Phi \left(\frac{S_1 - x}{CH} \right) \right]; \quad (1)$$

$$i_x = \eta'_x; \quad (2)$$

$$k_x = \eta''_x; \quad (3)$$

$$\xi_x = K_n \eta'_x; \quad (4)$$

$$\varepsilon_x = K_n \eta''_x; \quad (5)$$

где $\eta_x, i_x, k_x, \xi_x, \varepsilon_x$ – оседание, наклон, кривизна, горизонтальное сдвижение, горизонтальная деформация в точке с абсциссой x (начало координат в точке максимального оседания);

η_0 – максимальное оседание земной поверхности при полной подработке;

η'_x, η''_x - первая и вторая производные от η_x ;

S_1, S_2 – приведенные размеры выработки по падению и простиранию пласта;

C, K_n – коэффициенты, зависящие от свойств горных пород;

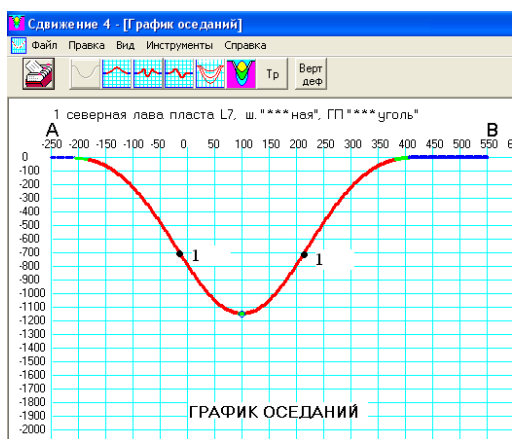
H - глубина разработки.

Φ – функция интеграла вероятностей (функция Гаусса);

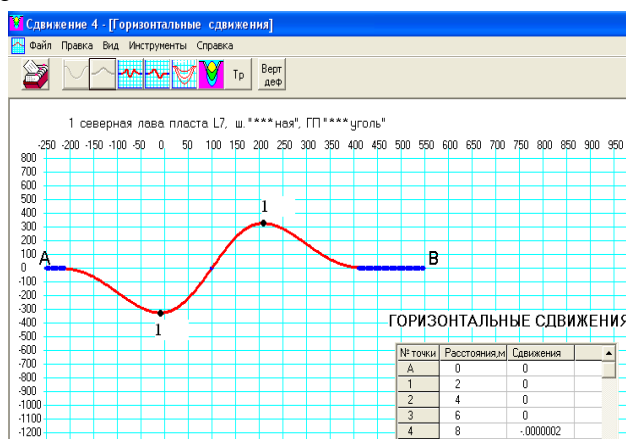
$$\Phi(t) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-z^2/2} dz; \quad (6)$$

Для локализации муьды сдвижения необходимо определить ее характерные точки. Согласно официально принятой методике прогнозирования сдвижений и деформаций такими точками являются границы муьды сдвижения и точка максимального оседания. Однако границы муьды сдвижения, описываемой кривой Гаусса, уходят в бесконечность. В связи с этим для определения условных границ муьды сдвижения нормативными документами установлены граничные значения сдвижений и деформаций [1].

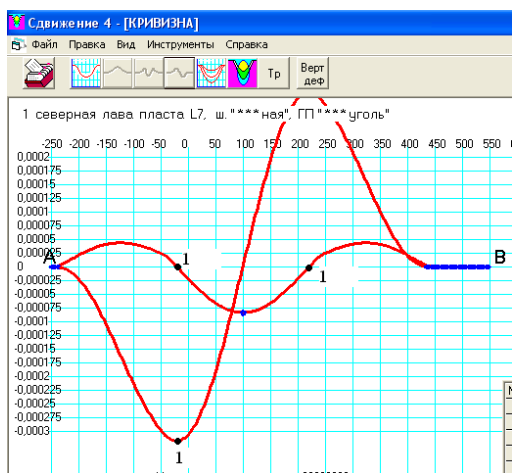
а



б



в



г

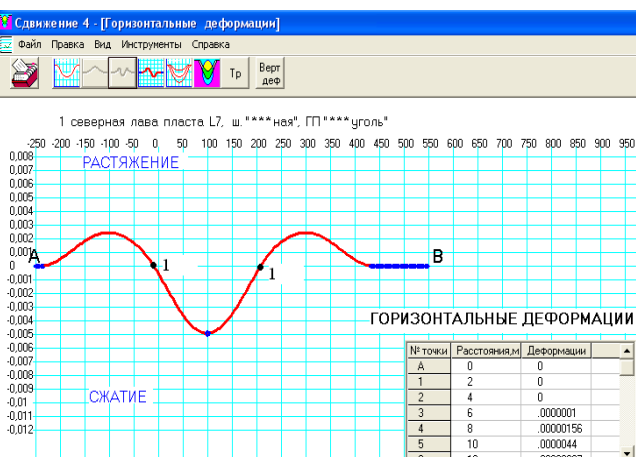


Рисунок 1 - Графики сдвижений и деформаций по результатам компьютерного моделирования процесса сдвижения: 1 – точки перегиба кривой оседаний на графиках:
а – кривой оседаний; б- горизонтальных сдвижений; в – наклонов и кривизны;
г – горизонтальных деформаций

Другими характерными точками муьды сдвижения могут служить точки перегиба кривой, соответствующие максимальному значению первой производной и нулевому значению второй производной её уравнения. Из выражений (2) и (3), можно определить, что в точках перегиба кривой оседаний будут иметь место максимальные наклоны и нулевая кривизна. Кроме того, из выражений (4) и (5) следует, что в этих точках будут

максимальные горизонтальные сдвигения и нулевые горизонтальные деформации растяжения-сжатия. Использование точек перегиба кривой оседаний в качестве опорных может помочь избежать некоторой сложности и неоднозначности, возникающей в случае использования условных границ мульды.

Выполненные исследования [3] позволили разработать математическую модель и на её основе составить программу предрасчета сдвижений и деформаций массива горных пород и земной поверхности, основанную на представлении массива горных пород в виде дискретной слоистой среды блочной структуры. В результате моделирования частицы (участки) горных пород или земной поверхности перемещаются, образуя векторы сдвижений. По направлению и величине данных векторов можно судить об изменениях в положении исходной линии или поверхности и соответствующих деформациях, вызванных этими изменениями.

На рисунке 1 показаны графики сдвижений и деформаций, полученные методом компьютерного моделирования.

Предыдущими исследованиями установлено, что точки перегиба кривой оседаний при полной подработке находятся над границами выработанного пространства, а с увеличением глубины разработки или уменьшении размеров выработанного пространства, то есть с уменьшением степени подработанности, положение этих точек смещается в сторону массива. В известных публикациях эту зависимость связывают с безразмерным отношением размеров выработанного пространства D к глубине разработки H , (D/H). Эта зависимость носит сложный характер. В этом случае может быть использовано компьютерное моделирование процесса сдвижения.

На рис. 2 показан вертикальный разрез области сдвижения горных пород, на котором четко прослеживаются линии, соответствующие расположению точек перегиба кривой оседаний на различной глубине.

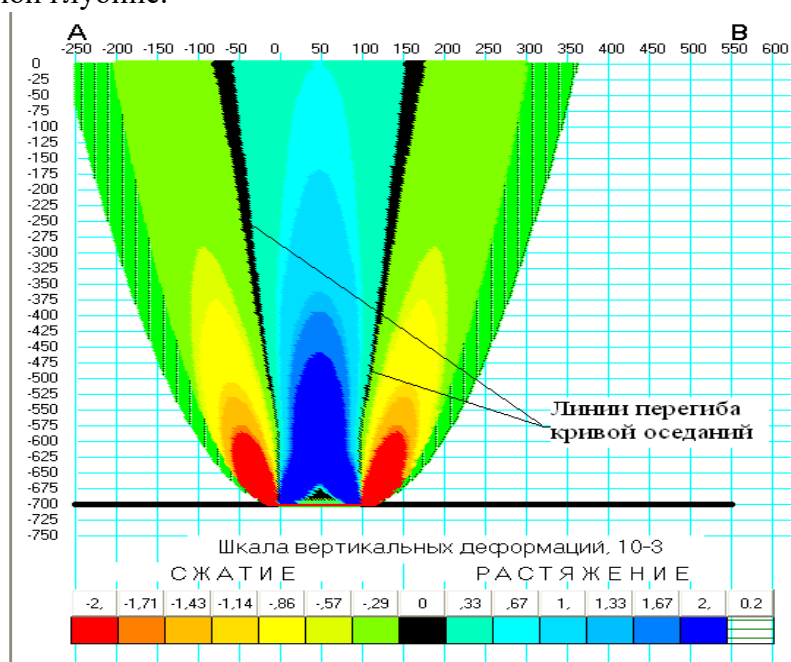


Рисунок 2 - Расположение точек перегиба кривой оседаний на различной глубине

В процессе моделирования отмечено, что при увеличении глубины разработки H для различных значений размеров выработанного пространства D при постоянном отношении D/H увеличивалось горизонтальное расстояние L от точки перегиба до границ выработанного пространства, что делало невозможным определить универсальную зависимость между этими параметрами даже для постоянных горно-геологических условий.

В работе [4] рассмотрен аналитический метод определения точек расположения максимальных наклонов, в котором раздельно учитываются параметры D и H .

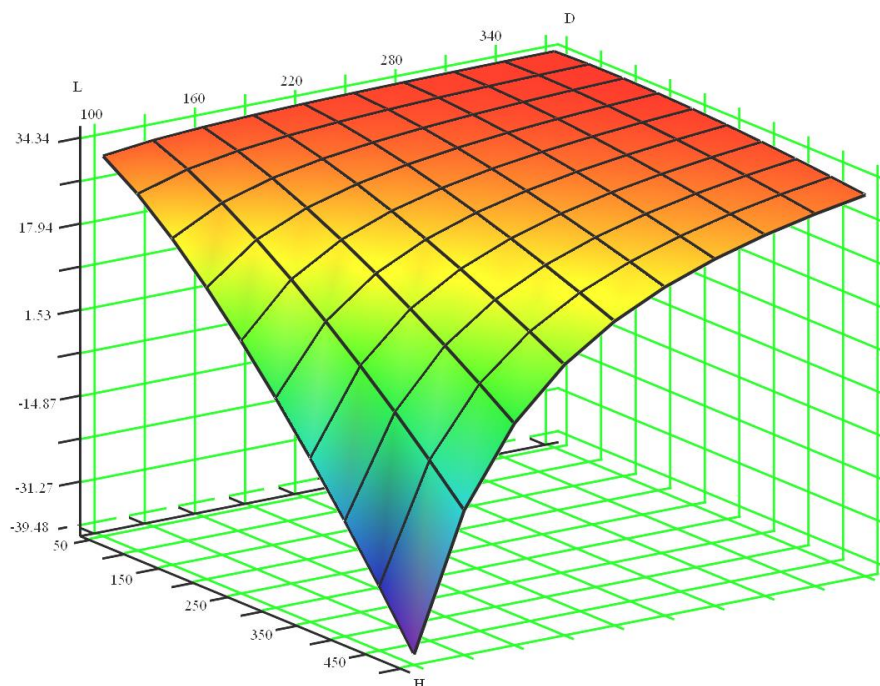


Рисунок 3 - График изменения положения точек перегиба кривой оседаний L в зависимости от размеров выработанного пространства D и глубины разработки H (построение выполнено для горизонтального пласта по выражению, приведенному в работе [4])

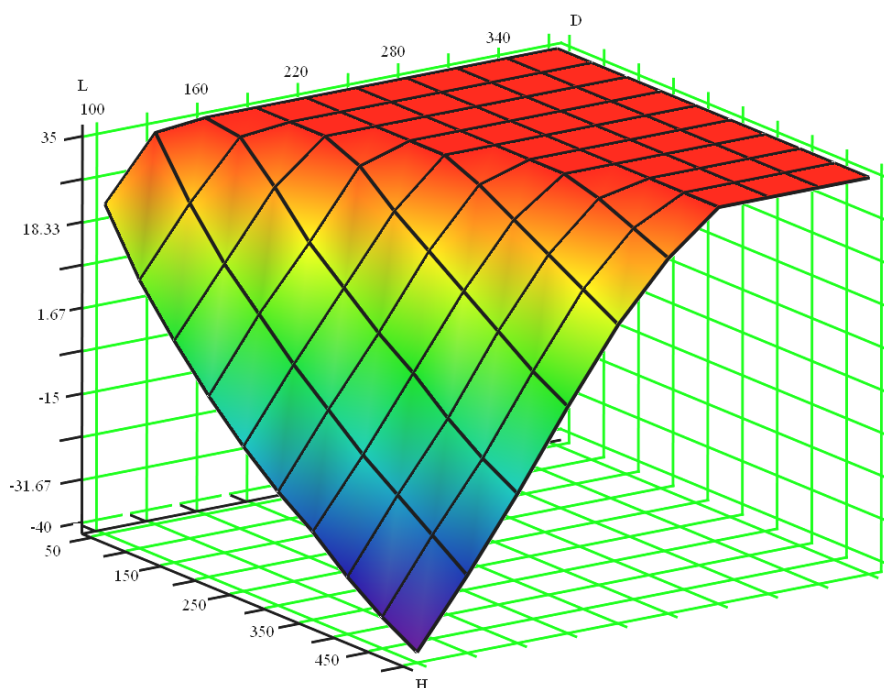


Рисунок 4 - График изменения положения точек перегиба кривой оседаний L в зависимости от размеров выработанного пространства D и глубины разработки H (построение выполнено по данным компьютерного моделирования)

На рис. 3 показан трехмерный график зависимости расстояния L от границ выработанного пространства в горизонтальном направлении до точек с максимальными наклонами от размеров выработанного пространства D и глубины разработки H , построенный по аналитическому выражению [4]. На рис. 4 показан график той же зависимости, полученный при помощи компьютерного моделирования. Сравнивая

приведенные графики можно отметить их сходство как в качественном, так и в количественном отношениях.

Выводы. Компьютерное моделирование процесса сдвижения горных пород и земной поверхности, позволило установить, что положение точек перегиба кривой оседаний зависит не только от отношения размеров выработанного пространства к глубине разработки, но и от глубины разработки, а также размеров выработанного пространства.

Сравнение графиков, построенных по данным работы [4] и с помощью компьютерного моделирования, показывает их хорошую сходимость, что позволяет сделать вывод о возможности применения разработанной математической модели процесса сдвижения горных пород и земной поверхности для прогнозирования ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.001.00159226.001-2003. – Київ, 2003. – 128 с.
2. Турчанинов И.А., Иофис М.А., Каспарьян Э.В. Основы механики горных пород. – Л: Недра, 1989. – 488 с.
3. Кодунов Б.А. Метод прогнозирования сдвижений горных пород и земной поверхности при под- земной разработке угольных месторождений / Б.А. Кодунов // Уголь. – 1991. – №2. – С.54-56.
4. Кулибаба С.Б. Определение точек максимальных наклонов в мульде сдвижения / С.Б. Кулибаба, М.Д. Рожко, Б.В. Хохлов // Наукові праці ДонНТУ: Серія гірничо-геологічна. – 2009. – Вип. 9 (143). – С. 158-167.

Б.О. Кодунов

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗТАШУВАННЯ ТОЧОК ПЕРЕГИНУ КРИВОЇ ОСІДАННЯ

Анотація: У статті приведено результати комп'ютерного моделювання процесу зрушення гірських порід і земної поверхні при відробці вугільних пластів для умов Донбасу з метою встановлення закономірностей в розташуванні точок перегину кривої осідань. Виконано порівняння отриманих результатів з існуючими аналітичними методами.

Ключові слова: область зрушення, мульда зрушення, крива осідань, деформації, точка перегину кривої осідань.

B. Kodunov

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

REGULARITIES OF LOCATION OF POINTS OF OVERLAPPING THE CURVE OF DIVISIONS

Annotation: The results of computer simulation of rock movement and surface to coal seams extraction for conditions Donbass for the purpose of establishing for regularities in the location of the inflection points curve subsidence. Performed comparison of the results with the existing analytical methods

Keywords: area of displacement, subsidence trough, subsidence profile, deformations, inflection point.

В.М. Куцербов (к.т.н., доцент),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

А.О. Хейло (студентка гр. ГСм-16а)

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ІНІЦІЮВАННЯ СВЕРДЛОВИННИХ ЗАРЯДІВ ЛІНІЙНИМИ ІНІЦІАТОРАМИ НА МОДЕЛЯХ З ОПТИЧНО АКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація: Розглянуто дослідження способів ініціювання свердловинних зарядів лінійними ініціаторами на моделях з оптично активних матеріалів, які дозволяють перерозподіляти енергію вибуху, збільшуючи її частину на дроблення гірського масиву і знижуючи сейсмопрояви.

Ключові слова: вибухові роботи, свердловина, заряд, блок, сейсмоколювання.

Постановка проблеми. Вибухові роботи вимагають забезпечення безпеки ведення робіт, а значить гарантованої стійкості конструктивних елементів системи розробки і впливу на зовнішнє середовище.

Тому, під час проведення підривних робіт по відбійці корисних копалин, поряд з вирішенням завдань забезпечення заданої якості дріблення, необхідно вирішувати питання зниження сейсмопроявів від вибуху свердловинних зарядів.

Це завдання має вирішуватися комплексно за рахунок перерозподілу енергії вибуху - збільшення її частини, що йде на корисну роботу дроблення гірського масиву, і зменшення на шкідливі колювання його. Одним із шляхів вирішення завдання є розробка конструкції свердловинних зарядів і способів їх ініціювання, які могли б створити спрямоване навантаження масиву.

Для зниження сейсмопроявів масових вибухів виникає необхідність аналізу технічних і технологічних факторів, що впливають на сейсміку промислових вибухів, з метою визначення шляхів вдосконалення свердловини відбою.

Метою даної роботи є розгляд способів ініціювання свердловинних зарядів лінійними ініціаторами на основі досліджень на моделях з оптично активних матеріалів.

Аналіз попередніх досліджень. Багаторічна практика показує, що інтенсивність сейсмоколювань залежить від багатьох факторів, основними з яких є: маса ВР в свердловині, тип ВР, конструкція заряду, величина л.н.с., відстань від місця вибуху до пункту спостережень, ступінь обводнення, інтервал уповільнення, число груп зарядів, акустичні і механічні властивості гірських порід, орієнтація блоку і напрямок відбійки щодо пункту спостереження.

Дослідженнями /1/ встановлено, що із загального числа факторів, що впливають - шість основних (вага заряду ВВ, число груп, інтервал уповільнення, відстань від місця до вибуху, акустичні властивості порід і орієнтація вибухового блоку) надають 83% на інтенсивність сейсмоколювань, а спільний вплив інших факторів становить тільки 17%.

Аналіз способів ініціювання свердловинних зарядів дозволив визначити шляхи по управлінню величиною і напрямком енергії вибухового перетворення вибухової речовини, а значить, і її частини, що йде на корисну роботу дріблення гірського масиву і зниження частки в загальному балансі на шкідливі колювання його.

Основний матеріал дослідження. З цією метою /2/ було проведено дослідження на моделях з оптично активних матеріалів (органічне скло), на яких вивчалася якісна картина поширення ударних хвиль (а значить, і енергії, що йде на руйнування) по блоку при різних способах ініціювання свердловинних зарядів як одиночними, так і системою лінійних ініціаторів. При цьому методами швидкісної фотографії фіксувалися швидкість і напрямок поширення ударних хвиль в модельному блоці, а також форма їх фронту за світінням органічного скла при їх проходженні.

Лабораторні вибухи модельних блоків проводилися в наступному порядку:

1. На першому блоці досліджувалося поширення ударних хвиль при ініціюванні свердловинного заряду однією ниткою ДШ. Фронт ударної хвилі мав сферичну форму, а ударні хвилі поширювались у всіх напрямках по модельному блоку. Це свідчить про рівномірність вибухового навантаження модельного блоку, а значить більшої її частини (у реальних умовах), що йде в тильну частину, в напрямку протилежному лінії найменшого опору, що витрачається на шкідливі коливання масиву.

2. Для зменшення концентрації виникаючої напруги на оголену поверхню був поставлений другий експеримент. У модельному блоці заряджались ВР тільки три середніх свердловини, а дві крайні служили в якості компенсаційних. Відбувалося світіння компенсаційної свердловини, що свідчить про концентрацію ударних хвиль навколо неї, а значить, про зниження відкольних явищ на краях блоку. Характер поширення ударних хвиль по блоку залишився рівномірним. Зниження концентрації енергії на оголену поверхню дозволяє говорити про зменшення відкольних явищ і поліпшення якості дріблення.

3. Як зазначалося, два лінійних ініціатора, розташовані діаметрально протилежно, дозволяють створити спрямоване витікання продуктів вибуху (за рахунок ефекту взаємодії детонаційних хвиль, що сходяться) в напрямку, перпендикулярному площині їх закладення. Для цього в кожен свердловину вводилися дві нитки детонуючого шнура, які розташовувалися в площині, перпендикулярній довгій стороні модельного блоку. Фронт ударної хвилі мав чітко виражений напрямок в коротку сторону блоку, що підривається і незначне - в площині їй перпендикулярній. Таким чином, зміною площини закладення лінійних ініціаторів можна управляти напрямком прикладення енергії вибухового руйнування, а отже, регулювати процес дріблення і передачі енергії на коливання масиву - тобто управляти енергією вибуху.

В результаті вимірювання швидкості поширення ударних хвиль по регістрограмам і обробці статистичного матеріалу отримані аппроксимируючі рівняння для кожного експерименту, які приведені у відповідність з порядковим номерів експерименту:

$$U_1 = 729 \ln x - 830,3 \quad (2.1)$$

$$U_2 = 1029 - 980,1x + 0,3x^2 \quad (2.2)$$

$$U_3 = 3120,6 - 225,2 \cos 2\pi x + 631,8 \sin 2\pi x \quad (2.3)$$

При ініціюванні свердловинних зарядів одиночним лінійним ініціатором, в 1-му рівнянні, спочатку йде збільшення швидкості ударних хвиль, з подальшою її стабілізацією під час вибуху досить великої кількості зарядів. Це пояснюється первинним накопиченням енергії ударних хвиль за рахунок вибуху нових свердловин. При досить великій кількості цей процес стабілізується - одні заряди вибувають з процесу накопичення енергії, інші включаються в нього.

Створення додаткових оголень всередині блоку призвело до взаємодії прямих і відбитих ударних хвиль на них і зменшило цей процес на вільній поверхні за рахунок зниження переданої туди енергії. Компенсаційні свердловини зіграли роль своєрідних концентраторів ударних хвиль і створюваних ними напружень. Це призвело до зростання швидкостей ударних хвиль на кінцях блоку в 2-му експерименті, хоча швидкості в середній частині блоку, де і відбувався вибух трьох свердловинних зарядів, в першому і другому досвіді мають однакову величину, бо умови підривання залишилися колишніми.

Виникнення своєрідного навантаження середовища у випадку з спрямованим розширенням продуктів вибуху, створюваного при ініціюванні свердловинних зарядів системою двох діаметрально протилежно розташованих лінійних ініціаторів в 3-му експерименті, пояснюється з точки зору взаємодії регулярних та нерегулярних відображень ударних хвиль, досліджених в роботах / 3,4 /, де показано, що має місце стрибкоподібна зміна тиску і швидкості ударної хвилі по законам $\sin$ і $\cos$. Величина швидкості поширення ударних хвиль в цьому випадку в 1,3 ... 1,5 рази вище, ніж в 1 і 2 експерименти. Це свідчить про спрямованість більшої частини енергії вибухового перетворення в напрямку, перпендикулярному площині закладення лінійних ініціаторів.

Висновки. Це дозволяє говорити про можливість створення свердловинних зарядів направленої дії, що дозволяють перерозподіляти енергію вибуху, збільшуючи її частину на дроблення гірського масиву і знижуючи на сеймопроявлення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сафонов Л.В., Кузнецов Г.В. Сейсмический эффект взрыва скважинных зарядов. – М.: Наука, - 1967. – 120 с.
2. А.с. 1184339 СССР, Ф 42 В 3/08 Предохранительно-рассредотачивающая ампула для заряда взрывчатого вещества / Ключко И.И., Костюк И.И., Куцерубов В.М. (СССР) - 3753676/40 – 23; заявлено 15.06.84. Бюл. № 37.
3. Ефремов Э.И. Взрывание с внутрискважинными замедлениями. – Киев. : Наук.думка, 1971. –168 с
4. Ключко И.И. Исследование и разработка средств и технологии дробления негабаритных кусков на карьерах: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Днепропетровск, - 1982. – 21 с

В.М. Куцерубов (к.т.н., доцент),

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

А.А. Хейло (студентка гр. ГСм-16а)

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ИНИЦИИРОВАНИЯ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ ЛИНЕЙНЫМИ ИНИЦИАТОРАМИ НА МОДЕЛЯХ ИЗ ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: Рассмотрены исследования способов инициирования скважинных зарядов линейными инициаторами на моделях из оптически активных материалов, которые позволяют перераспределять энергию взрыва, увеличивая ее часть на дробление горного массива и снижая сейсмопроявления.

Ключевые слова: взрывные работы, скважина, заряд, блок, сейсмоколебания

V. Kutserubov (Ph.D, Associate Professor),

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

A. Kheilo (student)

B. Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

RESEARCH ON THE METHOD INITIATE HOLE CHARGES LINEAR INITIATORS ON MODELS WITH OPTICALLY ACTIVE MATERIAL

Annotation: Consider initiating research methods hole charges initiated on linear models with optically active materials that allow to redistribute the energy of the explosion, increasing its part in crushing the rock mass and reducing seismic protections.

Key words: *Blasting, well, charge, block, seismic oscillations.*

В.Н. Нестеренко (канд. техн. наук, доцент),

Индустриальный институт ГВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

О.Н. Богданова

Индустриальный институт ГВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИЗУЧЕНИЯ ГАЗОНОСНОСТИ ПОРОД И ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ЕЕ ПАРАМЕТРОВ

В данной статье рассмотрены методы и технические средства изучения газоносности пород. Для наиболее полного учета всех компонентов газоносности необходимо рационально компенсировать методы исследования таким образом, чтобы каждый из этих компонентов был изучен с применением соответствующих ему методов и технических средств.

Ключевые слова: *газоносность пород, кернозаборники, пакерные устройства, газовый каротаж, геофизические исследования.*

Постановка проблемы. Разрабатываемые горные пласты и вмещающие породы содержат в свободном и связанном виде природные газы. Газы в породах находятся в виде очаговых (гнездовых) и межслоевых скоплений, а также в микровключенном виде. Распределения газов, их количество и компонентный состав как по месторождению в целом, так и в пределах отдельных шахтных полей, панелей и блоков крайне неравномерны, носят зональный характер и характеризуются газоносностью горных пород, поэтому данная тематика является для горной промышленности на сегодняшний день **актуальной**.

Анализ предыдущих исследований. Согласно Лидину Г.Д. и Айруни А.Т к настоящему времени нет достаточных данных для установления количественного распределения веществ угля в угольных пластах, пропластках и в рассеянном виде в осадочных породах. Однако на основании коэффициента угленосности, подсчетов запасов углей в рабочих и маломощных пластах, количества пропластков и прослоев, а также определения содержания органического углерода в глинистых толщах карбона можно заключить, что в средних значениях в недрах Донецкого бассейна вещество угля распределяется следующим образом [1] (в %):

- угольные пласты рабочей мощности.....30
- маломощные угольные пласты (0,25-0,5 м) 8
- пропластки и прослои (меньше 0,25 м).....4
- в рассеянном состоянии в отложениях..... 58

Из приведенных данных следует, что в условиях Донбасса значительная часть метана должна образовываться непосредственно в углеводородных породах.

Из методики А.А. Голубева В.А. и В.А. Землянухина газоносность пород Донбасса колеблется в широких пределах: от нулевых значений до 5-7 м³/т, при этом максимальные значения зафиксированы в переходных разностях от углей к породам, т.е. в углистых аргиллитах и сланцах, зольность которых составляет 50-70 % [2].

Цель статьи: **рассмотреть газоносность горной породы** - общее количество газов, содержащихся в единице объема или массы горной породы в свободном и сорбированном состоянии и определяющие ее параметры.

Основной материал исследования.

1.Метод с применением герметичных керногазонаборников. Метод предназначен для определения содержания газа, сорбированного концентрированным угольным веществом некондиционных пластов, пропластков, прослоев, угольных включений и рассеянным угольным веществом, а также рассеянного свободного и растворенного газа, присутствующего в порах мало углистых или практически без углистых пород.

Метод основывается на отборе породно-газовых проб с применением герметического керногазонаборника, позволяющего осуществлять опробование в скважинах диаметром не менее 76 мм до глубины 2000 м с выходом керна не менее 80 % в породах любой категории буримости, обеспечивать сохранение газа в процессе бурения, герметизации, подъема и транспортировки пробы в лабораторию.

Из существующих герметичных керногазонаборников для изучения газоносности пород может быть также применен керногазонаборник ГКМ-73. Керногазонаборники, действующие по принципу улавливания газа в процессе выбуривания и подъема керногазовых проб и используемые при изучении газоносности угольных пластов, для определения газоносности пород применять нельзя. Опробование пород керногазонаборниками позволяет непосредственно определять суммарное содержание в них сорбированного и рассеянного газа.

2. Метод с применением пакерных устройств. Пакерные устройства применяются для определения газоносности песчаников, гравелитов, конгломератов с повышенной пористостью и проницаемостью (поровые коллекторы) и изучения газа, заключенного в полостях трещинных коллекторов, а также для определения газового давления и отбора проб флюида при использовании метода прогноза потенциальной метаноносности.

Из существующих в настоящее время пакерных устройств для изучения газоносности пород наиболее приемлем комплект испытательных инструментов КИИ-65. Действие КИИ-65 основывается на измерении притока и регистрации восстановления давления флюида (газа или воды с газом) после искусственно созданной депрессии в предварительно изолированных интервалах разведочных скважин и отборе проб флюида, поступающего в эти интервалы из вскрытых скважиной пород. Применяется КИИ-65 в скважинах диаметром 76 — 112 мм при максимальном перепаде давления в исследуемом интервале до 40 МПа и температуре до 200°C. Минимальная длина интервалов, поддающихся исследованию, 0,5 м, максимальная 30 м.

С помощью КИИ-65 можно определять величину пластового давления, оценивать значения коэффициентов фильтрации и проницаемости пород в условиях их естественного залегания, выделять интервалы распространения газоносных и водоносных пород, определять содержание природного газа в пластовой воде и его компонентный состав. По данным исследований рассчитывается газоносность пород. Для работы с пластоиспытателем КИИ-65 необходима самоходная полевая лаборатория СПЛ-1 для градуировки глубинных манометров и дегазации отобранного флюида.

В стадии апробации находятся пакерные устройства, спускаемые в скважину на каротажном кабеле. К таким устройствам, перспективным для использования в будущем, относятся интервальные опробователи пластов конструкции ВНИИГИС.

3. Изучение газоносных горизонтов в обсаженных скважинах и в открытом стволе. Метод применяется для изучения выявленных скоплений (залелей) свободного или растворенного газа в песчаниках, гравелитах, конгломератах с повышенной пористостью и проницаемостью и в полостях трещинных коллекторов. Объекты в обсаженных скважинах наиболее целесообразно испытывать при наличии в разрезе угленосной толщи двух или нескольких, расположенных одна под другой газовых залежей, когда отдается предпочтение системе опробования снизу вверх. В этих случаях скважина, пересекая все горизонты, подлежащие опробованию, обсаживается до забоя колонной труб с цементацией затрубного пространства при подъеме цемента до поверхности или кровли верхнего объекта. Опробование осуществляется, начиная с нижнего объекта через простреленные против него отверстия в трубах. Приток флюидов после проведения кумулятивной перфорации вызывается путем снижения давления на пласт, что достигается заменой бурового раствора жидкостью меньшей плотности, снижением уровня с помощью аэрирования раствора, свабирования, тартания и других приемов, применяемых в нефтегазовой геологии [3].

Для изучения микрозалежей свободного газа в Донецком бассейне применяется метод исследования в обсаженных скважинах, традиционно используемый в газовой отрасли и включая метод испытания, допускающий получение удовлетворительных результатов, с применением колонки-фильтра в связи с относительно невысокими значениями пластового

давления. Скважины бурятся до глубины на несколько метров меньшей по сравнению с глубиной залегания кровли микрозалежи. После этого они обсаживаются колонной труб диаметром 146 или 168 мм с цементацией затрубного пространства вплоть до устья. Затем бурение продолжается меньшим диаметром. После полного пересечения скважиной газопроявляющего горизонта в нее опускается потайная колонка-фильтр, обеспечивающая поступление в ствол флюида из пласта-коллектора. В скважину опускаются две колонны насосно-компрессорных и сифонных труб диаметром до 20 мм. Устье скважины оборудуется фонтанной арматурой. При помощи манометра и счетчика, установленных вблизи от устья скважины и соединенных с насосными трубами, при наблюдениях фиксируются показатели давления и дебита газа. К-этим же трубам можно подключить дегазационную установку. Сифонные трубы служат для удаления из скважины воды.

Испытания в обсаженных скважинах позволяют оценивать основные параметры залежей: коллекторские свойства пород, физико-химического свойства пластового флюида (газа, воды), пластовое давление, температуру, дебиты воды или газа.

Для оперативного изучения газовых скоплений, вскрытых буровыми скважинами, можно проводить испытания в открытом стволе с помощью специального запорного оборудования устья скважины и снижения давления посредством откачки бурового раствора, закачки в него воздуха или природного газа (эрлифт, газлифт). Этот метод позволяет охарактеризовать газоносность всего вскрытого разреза в целом, а не отдельных его интервалов. Отрицательные стороны данного метода — трудность "привязки" обнаруженного притока свободного газа к конкретной части разреза, помехи при откачке, связанные с наличием неизолированных водоносных горизонтов.

В связи с тем, что вскрытие газосодержащих горизонтов может сопровождаться катастрофическими газовыделениями, для предотвращения выбросов газа в процессе проведения испытаний устье скважины необходимо оборудовать специальным запорным устройством, а также осуществлять необходимые наблюдения, измерения, отбор проб флюида.

4. Метод с применением газового каротажа. Газовый каротаж разведочных скважин применяется для выделения интервалов с газосодержащими породами по всему вскрываемому при бурении литолого-стратиграфическому разрезу непосредственно в процессе буровых работ и для оценки значений природной газоносности пород, содержащих сорбированный газ, рассеянный в свободной фазе или растворенный в поровых водах. Метод дает наилучшие результаты при изучении газоносности ненарушенных или слабонарушенных пород средней степени постдиагенетического преобразования, вмещающих угли от марки Г до слабометаморфизованных антрацитов. В породах, вмещающих слабометаморфизованные угли марок Д — Г или супер антрациты марок 11А — 12А и выше, результативность метода снижается. Невозможно применять метод в скважинах с поглощением промывочной жидкости более 40 — 50 %.

Метод основывается на непрерывном определении содержания газа в буровом растворе, который является каналом связи перебуриваемого горизонта пород с наземной дегазационной и аналитической аппаратурой. Дополнительно производится систематический отбор проб бурового раствора и керна как при фоновых, так и аномальных значениях газосодержания.

По данным газового каротажа рассчитывают природную газоносность пород путем деления суммарного значения содержания газа в буровом растворе (за вычетом фона), остаточной газоносности раствора и керна на объем породы, выбуренной в исследуемом интервале скважины. В интервалах, представленных трещинно-поровыми и трещинными коллекторами, значения газоносности пород по данным газового каротажа могут быть значительно завышены за счет поступления газа из околоскважинного пространства или занижены в связи с оттеснением газа из призабойного пространства вглубь массива.

5. Оценка параметров, определяющих газоносность пород с применением комплекса геофизических исследований в скважине. При изучении газоносности угольных месторождений комплексом геофизических методов исследований углеразведочных скважин (ГИС) решаются геологические задачи, связанные с оценкой

угленасыщенности разреза и выявлением некондиционных пропластков угля, с определением коллекторских свойств пород, прогнозированием разрывных нарушений и зон трещиноватости, выявлением локальных газовых скоплений, оценкой газонасыщенности, прогнозированием микрозалежей газа и др. Для решения указанных задач используются как типовые комплексы ГИС, приведенные в табл. 1, так и некоторые дополнительные методы.

Таблица 1 – Типовые комплексы геофизических методов исследования угольных скважин [2]

Поисковый комплекс			
основной	дополнительный	Исследования кровли и почвы угольных пластов для всех классов месторождений	
		основной	дополнительный
КС(градиент-зонд) **	ВП, ПС,	КС(градиент-зонд)	ВП, ПС,
КС(потенциал-зонд)	ГэК	КС(потенциал-зонд)	
ГК,ГГК,(ГГК-II),ДС	Терм.,	БТК**,ГК,ГГК	
АК*,Накл.,Инкл. *	Рез.	Накл. *	

*Метод применяется выборочно в отдельных скважинах

** При применении метода БК возможно исключение из типового комплекса

Мощности угольных пластов выделяют и оценивают на основе поискового и детализационного комплексов ГИС с достоверностью 0,95—0,99. Точность определения мощности тонких угольных пластов составляет $\pm 5—10$ см. При этом выделяются отдельные породные прослои мощностью 2—4 см и более.

Способы выделения в разрезе угольных пластов мощностью менее 20—30 см не регламентированы, однако приведенный в табл. 2 детализационный комплекс ГИС позволяет выявлять тонкие пропластки углистых пород мощностью более 5—10 см с последующей полу количественной оценкой зольности. Для этого рекомендуется не менее чем в 1—3 скважинах выполнять запись каротажных кривых в масштабе 1: 50 методами ГГКС, ГК, БК, по всему разрезу.

Коллекторские свойства пород должны оперативно оцениваться на основе результатов применения типового комплекса ГИС, дополненного специальными исследованиями в скважинах методами БКЗ и НГК, а также по материалам повторных измерений зондом БКР-3 носами КО производится на отдельных угольных пластах бокового токового каротажа (ВТК), а также КС.

Таблица 2 – Детализационный комплекс

Исследования угольных пластов					
Класс месторождения					
I и III		II		IV	
основной	Дополнительный	основной	Дополнительный	основной	дополнительный
КС(потенциал-зонд), БТК**, ГК, ГГК, (ГГК-II), ГГК-С, ДС, КО	ВП, ГНК, АК, Накл	КС(градиент-зонд) **,КС(потенциал-зонд), БТК**, ГК, ГГК, (ГГК-II), ГГК-С, ДС, КО*	ВП, БМК, АК, Накл.	КС(потенциал-зонд), ПС (ГПС), ГК, ГГК, (ГГК-II), ГГК-С, ДС, КО	ТК, ЭП, АК, Накл.

КС путем вычисления коэффициента увеличения сопротивления в зоне газонасыщения в сравнении с сопротивлением аналогичных пород за контуром газоносности. Для прогнозирования микро залежей газа дополнительно привлекаются и комплексно

интерпретируются данные межскважинной и наземной геофизики о структуре разведываемого объекта, наличии и положении антиклинальных складок, разрывных нарушений, зон трещиноватости.

6. Изучение газовыделений из скважин и обнажений. Газовыделения из скважин и обнажений изучаются с целью выявления пород и зон тектонических нарушений с аномально высоким содержанием газа и определения его химического состава. В процессе наблюдений при бурении следует различать: 1) слабое выделение пузырьков газа с изливом или без излива воды (при давлении газа на устье скважины в пределах 0,1 МПа); 2) интенсивное фонтанирование воды с газом на высоту 1,5 — 30 м (при давлении свыше 0,5 МПа) с периодическими выбросами воды и породы.

Наблюдения проводятся с начала фонтанирования и до конца интенсивного выделения газа из скважин, необорудованных превенторами и фонтанной арматурой. При этом отмечаются высота газоводяного фонтана, состав и величина выносимых твердых частиц, шумовые эффекты, температура изливающейся воды, характер пульсации, запах газа. По возможности точно устанавливаются интервал газовыделения и дебит воды и газа.

Дебит газа при небольшом притоке (до 100 м³/сут) наиболее просто определять по скорости заполнения мерного сосуда газом, каптируемым с помощью заглушки с газоотводящей трубкой, вставленной в кондуктор скважины. Для замера дебита газа можно использовать также анемометры, трубки Пито, шайбные измерители. Этими приборами можно пользоваться только после соответствующей подготовки скважины. Отбор пробы воды и газа при газовыделении из скважин проводится согласно Инструкции [4].

При обнаружении газопроявлений в естественных или искусственных обнажениях производится их глазомерная или топографическая привязка к карте, делается зарисовка места газовыделения с указанием литологической принадлежности пород, к которым приурочен выход газа, и описанием характера газовыделения. Ориентировочно определяется дебит газа по скорости наполнения мерного сосуда (бутылки). Обязательно указываются характер пульсации, протяженность выхода, температура воды. Из каждого газопроявления отбираются пробы газа. Для отбора пробы в месте выхода сухого газа устанавливается перевернутая воронка, края которой обсыпаны увлажненным слоем земли. Резиновая трубка, надетая на воронку, вводится в бутылку, предварительно заполненную водой и опущенную в перевернутом виде в ведро с водой. Если газ выделяется с поверхности водоема, то для отбора пробы используется бутылка, заполненная водой из этого же водоема; она устанавливается в воду горлышком вниз, а снизу подводится воронка. Когда в бутылке остается 50 — 100 см³ воды, воронка вынимается и бутылка закрывается пробкой.

7. Оценка газоносности пород по их потенциальной метаноемкости. Метод предназначен для косвенной оценки газоносности некондиционных угольных пластов и пропластков угля, а также пород, содержащих включения концентрированного и рассеянного угольного вещества в количестве более 25 — 30%. С учетом значений пористости пород метод может использоваться для ориентировочного прогноза потенциальной их метаносности. Сущность метода заключается в прогнозе потенциальной метаносности углесодержащих пород по данным их сорбционной емкости, давления газа и температуры. Сорбционная емкость пород определяется в лабораторных условиях по керновым образцам или образцам, отобранным в горных выработках. Влажность образцов, предназначенных для этой цели, должна соответствовать природной, в связи с чем при необходимости производится их искусственное до увлажнение.

Величину сорбционной емкости пород по отношению к газу определяют объемным методом на установке СУ-74, сконструированной в ИГД им. А.А. Скочинского. Связанные с этим основные операции заключаются в следующем. Навески раздробленной породы помещаются в сорбционные ампулы и плотно утрамбовываются в них легким постукиванием. Амплитуды подключаются к установке и заполняются газом до давлений; незначительно превышающих максимально необходимые. После установления сорбционного равновесия производятся последовательные выпуски в вакуумированную, с заранее измеренным объемом часть установки нескольких порций газа до установления

давлений, несколько меньших по сравнению с принятыми по условиям эксперимента. Очередные выпуски газа проводятся после установления сорбционного равновесия.

Для определения общих объемов газа, находящихся в сорбционных ампулах, проводится полная дегазация образцов, которая осуществляется путем повышения температуры проб до $8Q-90^{\circ}C$ и перевода газа в вакуумированную измерительную часть установки. Сорбционную емкость пород рассчитывают в соответствии с методикой, изложенной в прил. 15.

Для Донецкого и других угольных бассейнов со сходными геологическими условиями метаноемкость пород может ориентировочно определяться по содержанию в них угольных включений и данным о выходе летучих веществ по ближайшему угольному пласту с помощью номограммы. Полученные по номограмме значения сорбционной метаноемкости соответствуют объему метана, сорбированного угольными включениями, содержащимися в 1 м^3 породы при естественной влажности в зоне метановых газов на глубинах свыше 500 м. По результатам лабораторных исследований строятся изотермические кривые, выражающие зависимость сорбционной газоемкости (метаноемкости) от давления при различных температурах. Давление определяется в процессе испытания разведочных скважин и приборами ПГД-2 в горных выработках; температура измеряется при проведении каротажа или другими методами термометрии.

8.Метод подземных газовых съемок и сбор материалов о газообильности выработок. Метод используется для изучения газоносности пород независимо от литолого-петрографических особенностей в условиях, близких к природным. Эффективное проведение газовых съемок с целью определения газоносности пород возможно лишь при отсутствии суфлярных газовыделений, искажающего влияния угольных пластов, загазованных очистных выработок и выработанных пространств, а также предварительной дегазации угленосного массива. Данные о газоносности пород, получаемые с помощью газовых съемок в подземных выработках, обычно бывают несколько завышены из-за невозможности учета газовыделения из свежего обнаженных стенок кровли и почвы выработки.

Определение газоносности по методу газовых съемок основано на определении газовыделения из отбитой породы и свежего обнаженной поверхности забоя путем отбора проб "мокрым" способом и замера количества воздуха на воздушной струе, исходящей из подготовительной выработки и вентилятора местного проветривания. Содержание газовых компонентов в отобранных пробах определяется на хроматографах, обеспечивающих получение значений концентраций водорода, метана и его гомологов с точностью до 0,0001 %. Величина природной газоносности пород устанавливается из отношения суммы объемов выделившегося и оставшегося в породе газа к объему отбитой породы.

Для получения материала, характеризующего фактическую абсолютную газообильность горных выработок, пройденных по породам на действующих шахтах, проводится сбор и обобщение данных по объектам, находящимся в непосредственной близости от разведываемого участка, в аналогичных геологических условиях. Эта работа выполняется сотрудниками геологоразведочных организаций в объеме, обеспечивающем получение информации о газообильности выработок не менее чем на двух действующих горизонтах одной или нескольких шахт. На шахтах собираются следующие материалы: результаты плановых отборов и анализа проб воздуха в горных выработках, сведения о местах возникновения и интенсивности суфлярных выделений газа из углевмещающих пород, сведения о внезапных выбросах пород и газа, результаты проводившихся ранее газовых съемок в подземных выработках; результаты определения газового баланса выемочных участков. Наряду с перечисленными собираются графические материалы— планы горных работ с изображенными на них схемами вентиляции, местами суфлярных выделений газа, внезапных выбросов пород и газа.

При необходимости в горных выработках отбираются пробы пород целью изучения коллекторских и сорбционных свойств, содержания рассеянного органического вещества, остаточной газоносности. Сведения об абсолютной газообильности выработок, собранные на шахте, тщательно анализируются: выясняются особенности изменения газообильности по

площади и с глубиной в зависимости от различных геологических факторов (литологической принадлежности пород, начиная складчатых и разрывных структур, ловушек газа и т.п.) и технологии горных работ. В процессе обобщения материалов по данным о газообильности может производиться ориентировочная оценка газоносности пород, вскрываемых горными выработками. Для этого используются количественные соотношения, приведенные в [4].

9. Измерение газового давления из горных выработок. Для измерения газового давления используется прибор ПГД-2 конструкции ИГД им. А.А. Скочинского. Измерения проводятся в неглубоких (до 30 м) скважинах, пробуренных из выработок и вскрывающих породы, газоносность которых является объектом изучения. Место замера герметизируется с помощью специального устройства. Результаты измерения газового давления из горных выработок могут использоваться по аналогии для прогноза потенциальной метаноносности на участках с аналогичным геологическим строением.

Недостаток метода — невозможность его использования при наличии интенсивной природной или техногенной трещиноватости, сообщающейся с выработанным пространством.

10. Метод тампонажной фиксации трещин. Метод предназначен для оценки параметров раскрытой трещиноватости при изучении газоносности трещинных коллекторов свободного газа. Сущность метода заключается в предварительной фиксации раскрытых естественных трещин непосредственно в массиве путем нагнетания в них твердеющих фиксирующих растворов (ТФР) и последующего выбуривания породных образцов вместе с затвердевшим в них ТФР, образующим "слепки" трещинных полостей, скрепляющим разделенные трещинами блоки породы и препятствующим относительному смещению этих блоков. Использование метода позволяет сохранять естественный облик раскрытой трещиноватости в кернах, извлеченном из скважины, и путем простейших измерений определять достоверные значения степени трещин и трещинной пустотности пород, густоту и ориентировку зияния трещин, принадлежащих к различным системам.

Метод применяется в процессе перебурки вскрытых разведочными скважинами трещиноватых пород практически на любой глубине от поверхности. Вопросы, касающиеся выбора объектов исследований, технологических схем тампонажной фиксации трещин и отбора образцов, выбора материалов и оборудования, конкретных способов определения параметров естественной трещиноватости пород по керновым образцам.

11. Опробование пород для лабораторного изучения их коллекторских, сорбционных свойств, содержания и состав рассеянного органического вещества и битумов.

Для изучения пород в лабораторных условиях отбирают куски свежего поднятого керна или образцы, отбитые в предварительно зачищенном забое горной выработки. Образцы (пробы), отбираемые для определения коллекторских свойств, непосредственно на скважине или в горной выработке, заворачивают в марлю, покрывают водонепроницаемой пленкой и парафинируют путем погружения в расплавленный парафин. Образцы, отбираемые для изучения РОВ и битумов, парафинированию и другим видам консервации с применением органических веществ не подвергаются.

Пробы пород для определения пористости и проницаемости отбирают в виде оплошных столбиков керна любого диаметра длиной не менее 100 мм, пробы из горных выработок отбирают в форме монолитов размером не менее 50 x 50 x 100 мм. Для определения сорбционной метаноёмкости отбирают пробы пород массой 4 кг, пробы для определения содержания рассеянного органического вещества и изучения битумов должны иметь массу не менее 100 г.

Число проб и места отбора их для каждого вида исследований зависят от стадии разведочных работ и геологических особенностей разведываемого объекта. Исключение составляют пробы, предназначенные для изучения битумов. Эти пробы независимо от стадии работ и других факторов отбирают по всем интервалам всех разведочных скважин и горных выработок, в которых вскрываются породы с нефтепроявлениями.

Выводы. Рассмотрены методы и технические средства изучения газоносности пород и каждый метод предназначен для различных целей, а именно: метод с применением

герметичних кернагазонаборників призначений для визначення вмісту газу, сорбованого концентрованим вугільним речовиною некондиційних пластів; методи з використанням пакерних пристроїв застосовуються для визначення газоносності піщаників, гравелітів, конгломератів з підвищеною пористістю; методи вивчення газоносних горизонтів в обсажених скважинах і в відкритому стволі застосовуються для виявлення скоплень вільного або розчиненого газу в піщаниках, гравелітах; методи з використанням газового каротажа застосовуються для виділення інтервалів з газонасиченими породами по всьому відкриваємому при бурінні літолого-стратиграфічному розрізі безпосередньо в процесі бурових робіт; газовиділення з скважин і обсажень вивчаються з метою виявлення порід і зон тектонічних порушень з аномально високим вмістом газу і визначення його хімічного складу; методи оцінки газоносності порід по їх потенційній метанемкості призначені для косвенної оцінки газоносності некондиційних вугільних пластів і пропластків вугілля, а також порід; методи підземних газових знімків і збирання матеріалів про газообільність виробіток застосовуються для вивчення газоносності порід незалежно від літолого-петрографічних особливостей в умовах, близьких до природних; методи тампонажної фіксації тріщин призначені для оцінки параметрів відкритої тріщинистості при вивченні газоносності тріщинних колекторів вільного газу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1.Лидин Г.Д., Айруни А.Т. Газообильность каменноугольных шахт СССР. – т. III. – Газообильность каменноугольных шахт 37 Наукові праці УкрНДМІ НАН України, № 1, 2007 Transactions of UkrNDMI NAN Ukraine, № 1, 2007 Центрального району Донецького басейну. – М.: Изд-во АН СССР, 2003. – 351 с.
- 2.Методика определения газоносности вмещающих пород в зависимости от их коллекторских свойств и трещиноватости и провести ее опытную проверку в Донецком бассейне. Отчет по этапу Н1а-1в задания 01.03 проблемы 0.05.07 ГКНТ (заключит.)/ ПГО «Донбассгеология» /руковод. А.А. Голубев, В.А. Землянухин. - Артемовск, 1994. – 58 с.
- 3.Минеев Б.П., Сидоров Н.П. Практическое руководство по испытанию скважин. М., Недра, 1981.
- 4.Техническая инструкция по проведению геофизических исследований в скважинах. М., Недра, 1985.
- 5.Инструкция по определению и прогнозу газоносности угольных пластов и вмещающих пород при геологоразведочных работах. М., Недра, 1977.
- 6.Дополнение к "Руководству по проектированию вентиляции угольных шахт". М., Недра, 1981.
- 7.Методика определения газоносности вмещающих пород угольных месторождений при геологоразведочных работах, – М.: Недра, 1988. – 110 с.

В. М. Нестеренко (канд. техн. наук, доцент),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

О. М. Богданова

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

МЕТОДИ І ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ВИВЧЕННЯ ГАЗОНОСНОСТІ ПОРІД І ПАРАМЕТРІВ ЇЇ ВИЗНАЧЕННЯ

Анотація: У даній статті розглянуті методи і технічні засоби вивчення газоносності порід. Для найбільш повного врахування всіх компонентів газоносності необхідно раціонально компенсувати методи дослідження таким чином, щоб кожен з цих компонентів був вивчений із застосуванням відповідних методів і технічних засобів.

Ключові слова: газоносність порід, керназонаборники, пакерні пристрої, газовий каротаж, геофізичні дослідження.

V. Nesterenko (Cand. tech. Sciences, associate Professor),
Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»
O. Bogdanova
Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

METHODS AND TECHNICAL MEANS OF INVESTIGATION THE GAS CONTENT OF ROCKS AND DEFINE ITS PARAMETERS

Annotation: *This article describes the methods and technical means of studying the gas content of rocks. For a more complete accounting of all components of the gas it is necessary to efficiently compensate for research methods so that each of these components was studied with the use of appropriate methods and technical means.*

Key words: *gas content of rocks, carnosauria, packer device, gas logs, geophysical research.*

УДК 514.18:622.23.054.522

О. С. Парфенюк (д-р техн. наук, професор),
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Ю. С. Довгаль, магістрант
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ПОЛІПШЕННЯ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ ГІРНИЧОЇ МАСИ ПРИ РУЙНУВАННІ МАСИВУ ВИКОНАВЧИМИ ОРГАНАМИ ГІРНИЧИХ МАШИН

Анотація: *В роботі розглядається питання зменшення подрібнення відбитої гірничої маси, яке призводить до утворення некондиційних фракцій при руйнуванні масиву корисних копалин, за рахунок оптимізації траєкторій руху різцевого інструменту обертальних, зокрема планетарно-торових, виконавчих органів породоруйнувальних машин за критерієм кривини. Отримані аналітичні залежності для визначення миттєвих і екстремальних значень радіусів кривини. Розроблено методика визначення параметрів виконавчого органу, що забезпечують раціональні, з огляду на мінімізацію подрібнення, траєкторії руху інструменту відносно поверхні забою, що в реалізації призведе до поліпшення якості товарного вугілля (чи інших копалин) та зменшить пилоутворення у робочій зоні.*

Ключові слова: *гірничий масив, виконавчий орган, траєкторія руху, кривина, фракційний склад, якість продукції*

Постановка проблеми. Пошуки оптимальних конструкцій виконавчих органів породоруйнувальних машин ведуться давно й у різних напрямках. Одними з найбільш раціональних і перспективних для досліджень є, так звані, планетарно-торові виконавчі органи, що реалізують багатообертальний або планетарний спосіб руйнування [1].

Різцевий інструмент планетарно-торового виконавчого органу здійснює щодо забою планетарний рух, описуючи при цьому складні просторові тороїдальні траєкторії [2, 3]. Одним із критеріїв, що визначають показники ефективності та якості процесу руйнування гірничого масиву таким виконавчим органом є кривина траєкторій руху різцевого інструмента [4, 5].

Неоднакові значення радіусів кривини на різних ділянках траєкторії в значній мірі обумовлюють нерівномірні умови роботи інструмента, інтенсивне подрібнення

відокремлюваної гірничої маси і низку інших негативних факторів. Оцінка траєкторій за критерієм кривини дає можливість виявити та виключити «несприятливі» ділянки, а також підібрати такі параметри виконавчого органу, які не призводять до виникнення явища інтенсивного подрібнення гірничої маси (штибоутворення) на етапі відокремлення від масиву, а отже і поліпшити якість продукції.

Аналіз досліджень і публікацій. Незважаючи на велику кількість виконаних досліджень з теорії планетарних виконавчих органів, усі вони стосувалися переважно виконавчих органів з пересічними осями переносного і відносного обертання (плоскі, кільцеві, ортосферичні) [4-6]. Що ж стосується питання дослідження процесу роботи планетарних виконавчих органів з перехресними осями, до яких належать і планетарно-торові, зокрема дослідження кривини траєкторій різцевого інструменту та її вплив на сортність відокремлюваної гірничої маси, то дотепер досить глибоких і достовірних досліджень у цьому напрямку не проводилося. Дослідження кривини приведені в роботі [7] для планетарних виконавчих органів з перехресними осями є неповним, при цьому має ряд істотних методичних погрешностей і неточностей, що, як доведено у роботі [5], не дозволяє використовувати його результати при проектуванні виконавчих органів.

Постановка завдання. У даній роботі розглянемо виведення аналітичних залежностей радіуса кривини траєкторій руху різцевого інструмента від конструктивних і кінематичних параметрів планетарно-торових планетарних виконавчих органів і виконаємо їхнє дослідження на предмет оптимальності.

Основний матеріал дослідження. Параметричні рівняння руху різцевого інструмента торових планетарних виконавчих органів отримані в роботі [2] та уточнені у роботі [3] мають вигляд

$$\begin{aligned}x &= r \cos(\varphi i + \psi) \cos(\varphi - \alpha) + R \cos \varphi; \\y &= r \cos(\varphi i + \psi) \sin(\varphi - \alpha) + R \sin \varphi; \\z &= \frac{h}{2\pi} \varphi \pm r \sin(\varphi i + \psi),\end{aligned}\tag{1}$$

де R – радіус кола обертання центру фрезеруючого диска; r – радіус фрезеруючого диска; φ – кут повороту водила від початкового положення (параметр); i – передаточне число планетарного механізму; ψ – кут, що визначає положення інструмента на диску відносно початкового положення, прийнятого за нульове; α – двогранний кут між вертикальною площиною та площиною обертання фрезеруючого диска у початковому положенні; h – величина подачі виконавчого органу на забій за один оберт.

У рівняннях (1) і подальших залежностях верхній знак відповідає підсумовуючій схемі роботи виконавчого органу, а нижній – віднімаючій.

У загальному випадку радіус кривини просторової кривої, заданої параметричними рівняннями (1), визначається за формулою

$$\rho = \sqrt{\frac{[(x')^2 + (y')^2 + (z')^2]^{\frac{3}{2}}}{(y'z'' - z'y'')^2 + (z'x'' - x'z'')^2 + (x'y'' - y'x'')^2}},\tag{2}$$

Враховуючи той факт, що величина подачі h на забій є величиною достатньо малою по відношенню до решти параметрів виконавчого органу, при розрахунку радіусу кривини її можна не враховувати. Тоді, підставивши у формулу (2) значення перших і других похідних узятих по параметру φ від рівнянь руху інструменту (1) і виконавши ряд спрощуючих перетворень, отримаємо рівняння, що зв'язує радіус кривини з основними конструктивними і кінематичними параметрами торового планетарного виконавчого органу

$$\rho = \sqrt{\frac{A^3}{B^2 + C^2 + D^2}}, \quad (3)$$

де

$$\begin{aligned} A &= r^3(k^2 + 2k(i \sin(\varphi i + \psi) \sin \alpha + \cos(\varphi i + \psi) \cos \alpha) + \cos^2(\varphi i + \psi) + i^2); \\ B &= r^4(k(\mp i^2 \pm 1)(i \sin \varphi \sin(\varphi i + \psi) + \cos \varphi \cos(\varphi i + \psi)) + i \sin(\varphi - \alpha) \times \\ &\times (\pm 4 \cos^2(\varphi i + \psi) \mp 3) \pm (4i^2 + 1) \cos(\varphi - \alpha) \sin(\varphi i + \psi) \cos(\varphi i + \psi)); \\ C &= r^4(k(\mp i^2 \pm 1)(i \cos \varphi \cos(\varphi i + \psi) - \sin \varphi \sin(\varphi i + \psi)) + i \cos(\varphi - \alpha) \times \\ &\times (\mp 4 \cos^2(\varphi i + \psi) \pm 3) \pm (4i^2 + 1) \sin(\varphi - \alpha) \sin(\varphi i + \psi) \cos(\varphi i + \psi)); \\ D &= r^4 i^4 (2(1 - 2 \cos^2(\varphi i + \psi)) - k(i \sin(\varphi i + \psi) \sin \alpha + 2 \cos(\varphi i + \psi) \cos \alpha)). \end{aligned}$$

де k – коефіцієнт пропорційності, що зв'язує між собою радіуси R і r лінійною залежністю

$$R = k \cdot r, \quad (4)$$

Рівняння (3) дозволяє визначати миттєві значення радіусу кривини траєкторій руху інструменту в будь-якій точці.

Найбільший практичний інтерес представляють вираження для екстремальних значень радіусів кривини, оскільки саме на ділянках з мінімальними їх значеннями і відбувається найбільше подрібнення відокремлюваної гірничої маси. Аналіз рівняння (3) показує, що при будь-яких практично прийнятних співвідношеннях конструктивних і кінематичних параметрів виконавчого органу, закон зміни функції $\rho(\varphi)$, досить близький до косинусоїдального, тому рівняння, що зв'язують екстремальні значення радіусів кривини з основними параметрами планетарно-торового виконавчого органу можна одержати, з достатньою для практичних розрахунків точністю, виходячи з умови періодичності функції кута повороту фрезеруючого диска. Період її зміни дорівнює 2π . За цей період радіус кривини досягає мінімальної величини при значенні $\cos(\varphi i + \psi) = -1$, тобто при $(\varphi i + \psi) = \pi + 2\pi n$. Максимальному значенню радіуса кривини відповідає кут повороту водила, при якому $(\varphi i + \psi) = \pi/2 + 2\pi n$. Ці екстремальні значення радіусів визначаються наступними рівняннями:

$$\rho_{\min} = \frac{r(k^2 - 2k \cos \alpha + i^2 + 1)^{3/2}}{i \sqrt{k^2(i^4 - 2i^2(1 - 2 \cos^2 \alpha) + 1) - 2k \sin \alpha(3i^2 + 1) + 4i^2 + 1}}, \quad (5)$$

$$\rho_{\max} = \frac{r(k^2 + 2k i \sin \alpha + i^2)^{3/2}}{\sqrt{k^2(i^4 + i^2(i^4 \sin^2 \alpha - 2) + 1) - 2k i \sin \alpha(2i^4 + 3(i^2 - 1)) + i^2(4i^2 + 9)}}, \quad (6)$$

Як видно з рівнянь (5) і (6), екстремальні радіуси кривини траєкторій руху інструменту не залежать від схеми роботи виконавчого органу і дорівнюють добуткові радіуса r фрезеруючого диска на деяку безрозмірну функцію $v_{\text{кр}} = v(i, k, \alpha)$ передаточного числа i планетарного механізму, коефіцієнта k та кута α .

Таким чином, можна записати

$$\rho_{\min} = r \cdot v_{\min}, \quad (7)$$

$$\rho_{\max} = r \cdot v_{\max}, \quad (8)$$

де $v_{\min}$ та $v_{\max}$ представляють собою відповідні екстремальні значення функції $v = v(i, k, \alpha)$, які залежать від конкретних величин передаточних чисел i , коефіцієнтів k та кута α .

Безрозмірна функція $v_{\text{кр}} = v(i, k, \alpha)$ дозволяє встановити залежність екстремальних значень радіусів кривини траєкторій руху інструмента від передаточного числа планетарного механізму при різних значеннях коефіцієнта k і кута α .

Функція $v_{\text{кр}} = v(i, k, \alpha)$ має складну залежність, характер зміни якої залежить тільки від вибору коефіцієнта k і кута α . Дослідимо функцію $v_{\text{кр}} = v(i)$ при різних значеннях k і α .

Аналіз функції $v_{\min} = v(i)$ показує, що при виборі значень коефіцієнта $k \rightarrow 1$ й передаточних чисел на проміжку $i \in [1; +\infty)$ зі збільшенням останніх, значення функції $v_{\min} = v(i)$ асимптотично наближаються до деякої величини (рис. 1). Для визначення цієї величини знайдемо границю функції $v_{\min} = v(i)$, вона дорівнює

$$\lim_{i \rightarrow \infty} v_{\min}(i) = \frac{1}{k}, \quad (9)$$

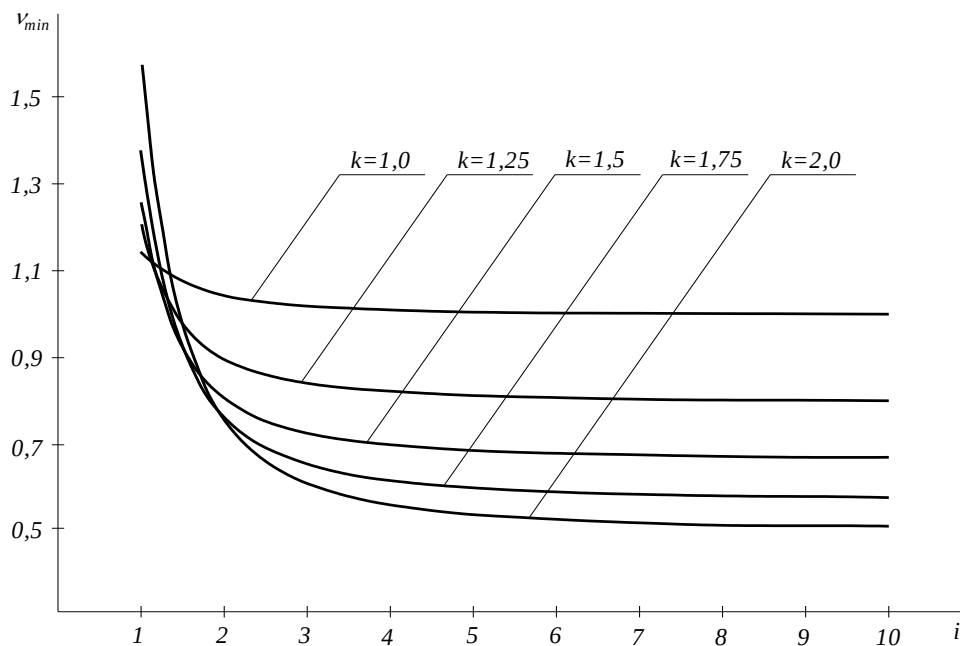


Рисунок 1 – Графіки залежності функції $v_{\min} = v(i)$ при різних значеннях коефіцієнта k

Таким чином, можна стверджувати, що при будь-яких практично прийнятних значеннях конструктивних і кінематичних параметрів, траєкторії руху різцевого інструмента торових планетарних виконавчих органів не мають ділянок з нульовими або близькими до нульових радіусами кривини, що є значною перевагою даної конструкції з огляду на інтенсивність утворення некондиційних фракцій відокремлюваної гірничої маси.

Характер зміни функції $v_{\max} = v(i)$, показаний на рис. 2, звідки видно, що вона як і функція $v_{\min} = v(i)$ має нелінійну залежність від передаточного числа i .

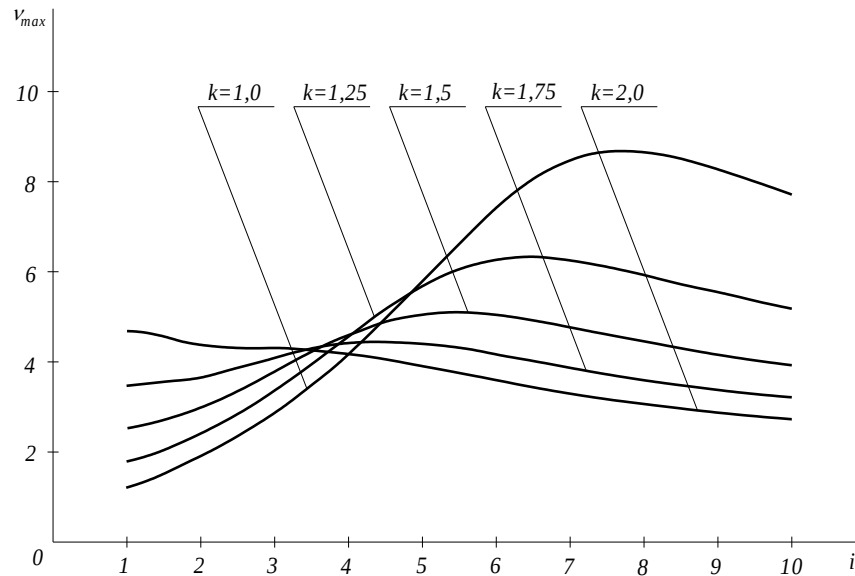


Рисунок 2 – Графіки залежності функції $v_{\max} = v(i)$ при різних значеннях коефіцієнта k

Очевидно, що нерівномірність значень радіусів кривини на різних ділянках траєкторії руху різцевого інструмента визначає нерівномірність подрібнення відокремлюваного матеріалу. Отже, у процесі проектування необхідно вибирати такі траєкторії, у яких величини відношення між екстремальними значеннями радіусів кривини будуть найменшими, тобто показник нерівномірності

$$\Delta\rho = \frac{\rho_{\max}}{\rho_{\min}},$$

або, що те ж саме

$$\Delta v = \frac{v_{\max}}{v_{\min}}, \quad (10)$$

повинен прямувати до мінімуму, тобто до одиниці.

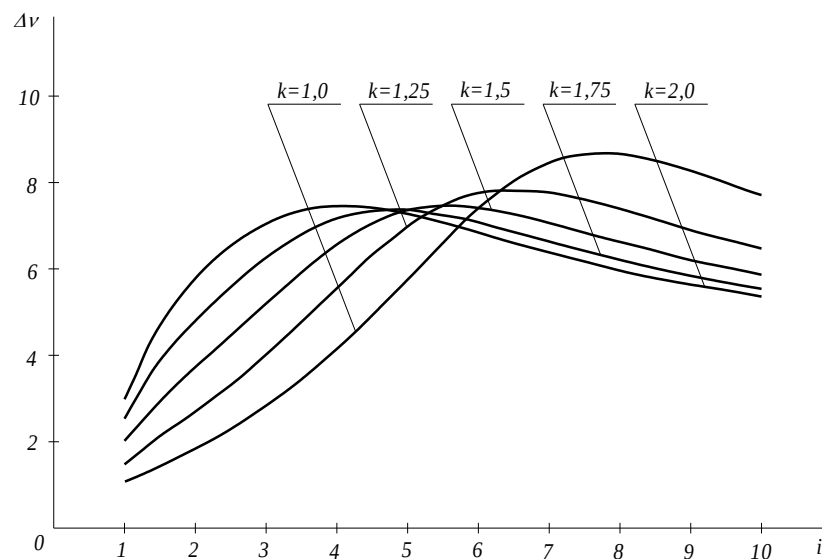


Рисунок 3 – Графіки залежності функції $\Delta v = \Delta v(i)$ при різних значеннях коефіцієнта k

З рис. 3 видно, що показник нерівномірності кривини траєкторії руху інструмента Δv має нелінійну залежність і в значній мірі залежить від співвідношення між радіусом водила і

фрезеруючих дисків – коефіцієнту k , що визначає ступінь нерівномірності. Очевидно, що зі збільшенням значень передаточного числа i планетарного механізму, показник нерівномірності кривини Δv збільшується, досягаючи максимуму, після чого, при $i \rightarrow \infty$, зменшується асимптотично, наближаючись до граничної величини, яка дорівнює

$$\lim_{i \rightarrow \infty} \Delta v(i) = \frac{1}{\sin \alpha}, \quad (11)$$

З аналізу отриманих даних випливає, що за величиною показника нерівномірності кривини Δv , оптимальними є траєкторії зі значеннями передаточного числа $i \rightarrow \infty$ і кута $\alpha = 90^\circ$. У конструктивному відношенні, це означає, що, для забезпечення оптимального значення Δv , різцевому інструменту повинно передаватися лише один обертальний рух – переносний або відносний. При цьому торовий планетарний виконавчий орган переходить у роторний, втрачаючи усі основні свої переваги.

З рівняння (11) також очевидно, що при значеннях $\alpha \rightarrow 0$, $\Delta v \rightarrow \infty$, що відповідає найбільш нераціональному, за критерієм кривини траєкторії руху інструмента, режимові роботи виконавчого органу.

Отже, раціональні, за критерієм кривини, а отже і фракційного складу, траєкторії руху різцевого інструмента торових планетарних виконавчих органів повинні вибиратися на підставі рівняння (10) шляхом встановлення відповідних значень передаточних чисел при заданих значеннях конструктивних параметрів k і α . При цьому слід виходити з гранично допустимого значення показника нерівномірності кривизни $\Delta v = 3$ [4].

Висновки. У результаті теоретичних досліджень за критерієм кривини траєкторій руху різцевого інструмента торових планетарних виконавчих органів були отримані аналітичні залежності для визначення миттєвих і екстремальних значень радіусів кривини. На підставі аналізу функції $v_{кр} = v(i, k, \alpha)$ можна стверджувати, що при роботі планетарно-торових виконавчих органів, траєкторії руху різцевих інструментів, при будь-яких практично можливих значеннях конструктивних і кінематичних параметрів, не мають точок з нульовими радіусами кривини, а також близьких до них за властивостями. Цей факт визначає значні переваги торових планетарних виконавчих органів, перед планетарними виконавчими органами з пересічними осями обертання та іншими конструкціями виконавчих органів гірничих машин, оскільки від кривини траєкторій напряду залежить ступінь подрібнення відокремлюваної гірничої маси, а отже кондиційна якість продукції.

Виходячи з умови максимальної рівномірності кривини траєкторій руху інструмента, на підставі функції $\Delta v(i)$, можуть бути визначені границі вибору передаточних чисел i планетарного механізму, при заданих значеннях параметрів k та α , що забезпечать найбільш рівномірне подрібнення корисної копалини під час руйнування гірничого масиву.

Отже, отримані аналітичні залежності радіусів кривини траєкторій руху інструмента від основних параметрів торових планетарних виконавчих органів дозволяють ще на стадії проектування визначати раціональні форми траєкторій, що забезпечують мінімальні амплітуди зміни кривини траєкторії руху інструменту планетарних виконавчих органів такого типу, а також, у подальшому, визначати і досліджувати зв'язок між кривиною траєкторій інструменту та конкретним фракційним складом гірничої маси, мінімізуючи вихід некондиційних і пилових фракцій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Рогожин А. Г., Довгаль Д. О., Уткіна Р. В.* До питання щодо раціональної конструкції різцевих виконавчих органів породоруйнувальних машин // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Динаміка наукових досліджень '2005». Том 67. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2005. – С. 44-48.

2. *Рогожин А. Г., Кізілов В. В., Довгаль Д. О.* Визначення загальних рівнянь кінематики руху різцевого інструменту планетарних виконавчих органів породоруйнівальних машин // Вісник Хмельницького національного університету (Вісник Технологічного університету Поділля). Технічні науки. Том 1. - 2005. - №6. - с. 142-147.

3. *Довгаль Д. О.* Визначення основних характеристик руху різцевого інструменту при роботі торових планетарних виконавчих органів породоруйнівальних машин // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. – Вип. 31. – С. 103-111.

4. *Рогожин А. Г.* Геометрическое моделирование процесса работы резцового инструмента планетарных исполнительных органов породоразрушающих машин: Дис... канд. техн. наук: 05.01.01. – К., 1988. – 162 с.

5. *Кизилов В. В.* Исследование и выбор рациональных конструктивных и режимных параметров планетарных исполнительных органов проходческих комбайнов: Дис... канд. техн. наук: 05.05.06. – М., 1982. – 176 с.

6. *Архангельский А. С.* Некоторые вопросы теории планетарных исполнительных органов проходческих комбайнов // Расчеты, конструирование и испытание горных машин. Сборник статей. – 1955. – №2. – с. 143-208.

7. *Барон Л. И., Глатман Л. Б., Губенков Е. К.* Разрушение горных пород проходческими комбайнами. – М.: Наука, 1968, с. 162-168.

А. С. Парфенюк (д-р техн. наук, профессор),

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Ю. С. Довгаль, магистрант

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

УЛУЧШЕНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ГОРНОЙ МАССЫ ПРИ РАЗРУШЕНИИ МАССИВА ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ОРГАНАМИ ГОРНЫХ МАШИН

Аннотация: В работе рассматривается вопрос снижения измельчения отбитой горной массы, которое приводит к образованию некондиционных фракций при разрушении массива полезных ископаемых, за счет оптимизации траекторий движения резцового инструмента вращательных, в частности планетарно-торовых, исполнительных органов породоруйнівальних машин по критерию кривизны. Получены аналитические зависимости для определения мгновенных и экстремальных значений радиусов кривизны. Разработана методика определения параметров исполнительного органа, обеспечивающих рациональные, учитывая минимизацию измельчения, траектории движения инструмента относительно поверхности забоя, что в конечном итоге приведет к улучшению качества товарного угля (или других ископаемых) и уменьшит пылеобразования в рабочей зоне.

Ключевые слова: горный массив, исполнительный орган, траектория движения, кривизна, фракционный состав, качество продукции

A. Parfenyuk (Doctor of Technical Sciences, Professor),

SHEE "Donetsk national technical university"

Y. Dovhal, master student

SHEE "Donetsk national technical university"

IMPROVING FRACTIONAL COMPOSITION OF THE ROCK MASS WITH MASS DESTRUCTION OF THE EXECUTIVE UNITS OF MINING MACHINERY

Annotation: The article deals with the issue of reducing the grinding of broken rock mass, which leads to the formation of sub-standard fractions in the destruction of an array of minerals, due to the optimization of tool paths incisive rotational, in particular planetary tore executive units mining machinery by criterion of curvature. Analytical dependence for determining the

instantaneous and extreme values of the radii of curvature. A method for determining the parameters of the executive units, to ensure rational, taking into account the minimization of the grinding, the tool path with respect to the surface of the side, which ultimately lead to improved quality of salable coal (or other resources) and reduce dust in the work area.

Key words: *mountain massif, executive body, trajectory, curvature, fractional composition, product quality*

УДК 622.235.5

Е.А. Петелін (канд. техн. наук, доц.)

Індустріальний інститут ДВНЗ Донецький національний технічний університет

ПРО СУМІСНІСТЬ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН І ГІРСЬКИХ ПОРІД ЗА КРИТЕРІЄМ РАЦІОНАЛЬНОГО ЕНЕРГОНАСИЧЕННЯ

Анотація: Обґрунтований критерій раціонального енергонасичення гірських порід, обумовлений характером розподілу енергії вибуху заряду вибухової речовини в гірській породі по видах роботи. Це дозволяє аналітично визначити втрати енергії вибуху, пов'язані з перездрібнюванням гірської породи, кількість енергії на виконання роботи дроблення й переміщення гірської маси. Співвідношення між різними видами роботи вибуху дають можливість визначити оптимальні для заданих умов підривання та гірських порід параметри проведення буро-підричних робіт, що забезпечують мінімальну витрату енергії вибуху на виконання ефективної роботи дроблення.

Ключові слова: *вибухопідготовка, ресурсозбереження, енергозбереження, перездрібнювання, енергія вибуху, критерій раціонального енергонасичення, продукти вибуху, поріг міцності.*

Постановка проблеми. Вирішення проблеми енерго та ресурсозбереження є одним із пріоритетних напрямків не тільки підвищення ефективності роботи промислових підприємств і розвитку національної економіки України, але й екологічної безпеки. Це повною мірою відноситься до підприємств гірничодобувної промисловості.

Наявні дані [1,2,3,4] про реальні втрати мінеральної сировини як у процесі вибухопідготовки, так і на наступних стадіях технологічної переробки свідчать про їхню низьку ефективність та високу енергоємність процесу руйнування гірських порід енергією вибуху. Незважаючи на значні досягнення в області керування дією вибуху, при відкритій розробці родовищ корисних копалин, наприклад вапняків і доломітів, гірничі підприємства втрачають від 20 до 30% продукції в результаті перездрібнювання гірничої маси в процесі вибухової та механічної підготовки [3,5]. У цей час більш 5,0 млн. т/рік корисних копалин на кар'єрах Донбасу втрачається за рахунок перездрібнювання на стадії вибухопідготовки [6].

Таким чином, удосконалювання технологічного процесу вибухопідготовки на основі раціонального використання енергії вибухових речовин (ВР) і скорочення втрат корисної копалини, є актуальною науково-технічною проблемою.

Аналіз попередніх досліджень. Існуючі вимоги до процесу вибухопідготовки та застосовувана технологія ведення буро-підричних робіт (БПР) не дозволяють успішно вирішувати питання комплексного заощадження мінеральних і енергетичних ресурсів [1].

Вивченню процесу руйнування гірських порід енергією вибуху присвячена достатня кількість робіт М.Ф. Друкованного, Е.І. Єфремова, В.М. Комира, Б.Н. Кутузова, Н.В. Мельникова, А.Н. Ханукаєва, і багатьох інших вчених і фахівців-практиків [1,2,7-10 і ін.]. При цьому одним з основних питань дослідження є залежність між енергією,

витраченою на руйнування гірської породи і її фізичними параметрами при необхідній якості дроблення.

В останні роки безупинно ведеться пошук ефективних засобів вибухового дроблення гірських порід і методів керування дією вибуху, які націлені на вирішення проблеми комплексного ресурсозбереження з урахуванням конкретних умов проведення гірничих робіт.

Мета статті. Метою даної роботи є обґрунтування критерію раціонального енергонасичення¹ гірських порід і необхідності урахування його в процесі руйнування їх енергією вибуху, що забезпечує комплексне енерго й ресурсозбереження.

Викладення основного матеріалу дослідження. Для визначення величини енергії вибуху, затрачуваної на дроблення гірської породи, може бути використаний міцнісний параметр середовища P_{max} [11] вважаючи, що максимальна корисна робота при заданій енергії, що витрачається на розширення зарядної порожнини, досягається тільки в тому випадку, коли в кожний момент часу тиск продуктів вибуху (ПВ) буде врівноважено силами міцності середовища.

Припустимо, що P_{max} відповідає динамічній межі міцності гірської породи на стиснення $\sigma_{дин}$ [12-14], величина якого визначається по вираженню [12]

$$\sigma_{дин} = k\sigma_{ст},$$

де $\sigma_{ст}$ – статична межа міцності гірської породи на одноосьове стиснення, Па;

k – коефіцієнт, що враховує швидкість зміни компонент тензора деформацій, діаметр зразка й швидкість поздовжніх хвиль.

Явище підвищення міцності гірських порід при збільшенні швидкості навантаження відзначене й іншими авторами [15]. Розвиваючи це положення, можна припустити, що діапазон зміни міцнісних характеристик гірських порід лежить у межах від $\sigma_{дин}$ до $\sigma_{ст}$ і дроблення останніх буде відбуватися в цьому діапазоні зміни тиску підривного навантаження. Причому, граничне значення $k=11$ при швидкості зміни компонент тензора деформацій прагнуть до нескінченності [14].

Установлене [12], що міцність гірських порід лінійно пов'язана з логарифмом часу навантаження

$$\ln t = A - B\sigma,$$

де t – час (довговічність) існування зразка породи до руйнування, с;

σ – амплітуда навантаження, чисельно рівна межі міцності породи при часі навантаження t , Па;

A, B – константи, що залежать від складу порід, їх властивостей і температури (тут B [Па⁻¹]).

Значення граничної динамічної міцності

$$\sigma_{пр} = \frac{(A - \ln t)}{B}.$$

¹ Енергонасичення – процес передачі певної кількості енергії вибуху в скельне середовище, що характеризується різним розподілом цієї енергії по видах роботи, чиненої вибухом. Відповідність цього розподілу реальним умовам руйнування визначається параметрами навантаження середовища та його фізико-технічними властивостями [16].

Між граничною динамічною та статичною міцностями гірських порід відзначається стійкий кореляційний зв'язок лінійного виду [14]

$$\sigma_{\text{пр}} = 10,625\sigma_0,$$

де σ_0 – статична міцність породи при одноосьовому стисненні, Па.

Для розгляду процесу впливу ПВ заряду ВР на гірську породу пропонується нанести на графік ізоентропи розширення ПВ величини $\sigma_{\text{дин}}$ і $\sigma_{\text{ст}}$ для конкретної гірської породи (Рис.1) [16].

Тоді процес впливу ПВ заряду ВР на гірську породу можна представити в такий спосіб. Після закінчення процесу детонації ВР у зарядній порожнині встановиться середній тиск $P_{\text{н}}$, величина якого майже на порядок, а іноді й більш перевищує значення $\sigma_{\text{дин}}$. Це перевищення тиску викликає перездрібнювання гірської породи в близькій зоні, що безпосередньо прилягає до заряду ВР.

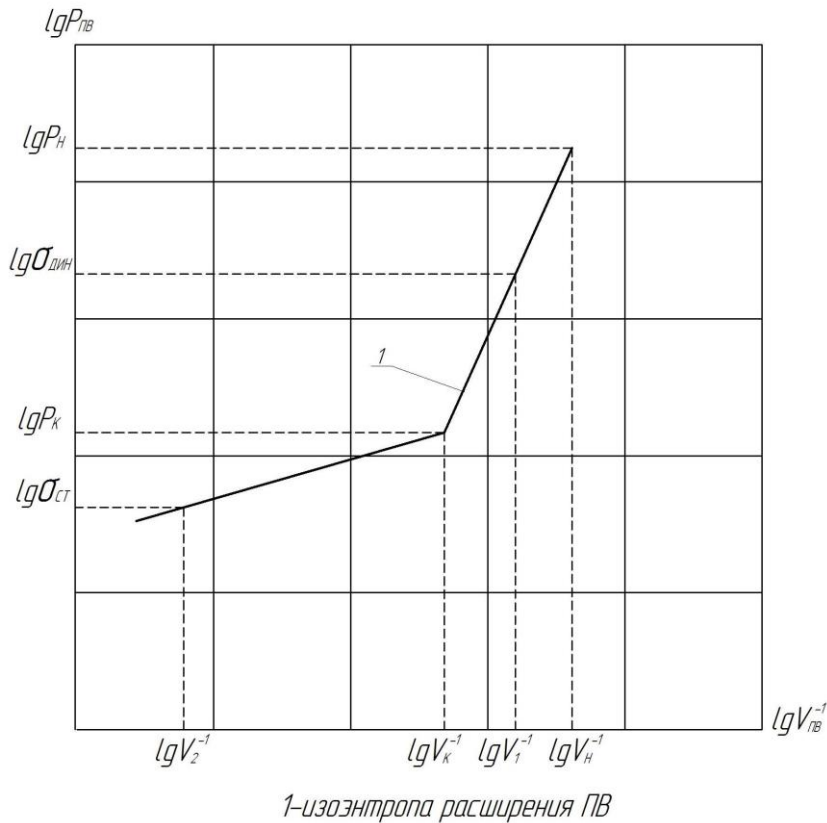


Рисунок 1 – Зміна тиску ПВ у зарядній порожнині

При розширенні порожнини тиск ПВ $P_{\text{пв}}$ у ній почне падати, і при зниженні його до величини $P_{\text{пв}} = \sigma_{\text{дин}}$ почнеться процес дроблення гірської породи, який буде тривати поки величина $P_{\text{пв}}$ не стане рівною $\sigma_{\text{ст}}$. У цей момент тиск ПВ у порожнині буде врівноважено силами міцності середовища, і розширення порожнини припиниться.

На рис. видно, що зміна об'єму порожнини от $V_{\text{н}}$, якому відповідає тиск ПВ рівне $P_{\text{н}}$ до обсягу V_1 , з тиском ПВ рівним $\sigma_{\text{дин}}$, супроводжується втратами енергії вибуху, що викликають перездрібнювання гірської породи. Подальша зміна обсягу порожнини от V_1 , якому відповідає тиск ПВ рівне $\sigma_{\text{дин}}$ до обсягу V_2 , з тиском ПВ рівним $\sigma_{\text{ст}}$, відповідає роботі

дроблення. Частка енергії ПВ, що залишилась в порожнині обсягом V_2 у випадку камуфлетного вибуху безповоротно втрачається, а при вибуху свердловинного заряду ВР використовується на переміщення зруйнованої гірської породи при розширенні ПВ від тиску, відповідного до обсягу V_2 до тиску навколишнього середовища.

Наведений аналіз дозволяє встановити критерій досягнення раціонального енергонасичення гірських порід. Цей критерій обумовлений характером розподілу енергії вибуху заряду ВР у гірській породі по видах роботи.

Таким чином, критерій раціонального енергонасичення гірських порід – це:

- максимум витрат енергії вибуху заряду ВР на роботу дроблення в діапазоні тиску, створюваного ПВ, від $P_{пв} = \sigma_{дин}$ до $P_{пв} = \sigma_{ст}$ для конкретних комбінацій типів ВР і видів гірських порід;

- відсутність витрат енергії вибуху (перездрібнювання гірської породи) у діапазоні тисків ПВ ($P_n \dots P_{пв}$) = $\sigma_{дин}$;

- мінімальні витрати енергії вибуху на переміщення роздробленої гірської породи в діапазоні тисків ПВ від $P_{пв} = \sigma_{ст}$ до атмосферного тиску.

При цьому слід урахувати, що деяке перездрібнювання гірської породи в близькій зоні завжди буде мати місце внаслідок впливу детонаційної хвилі (ДВ) на стінки зарядної порожнини.

Розглянутий процес взаємодії ПВ із гірською породою з урахуванням критерію раціонального енергонасичення, дозволяє виконати оцінку ефективності дії різних ВР у гірських породах і сформулювати параметричний ряд сумісності ВР і гірських порід за указаним критерієм, а також забезпечення ресурсо- і енергозбереження в процесі вибухопідготовки та на наступних етапах переробки корисних копалин.

У цьому зв'язку необхідний розгляд 7-и варіантів різних комбінацій, обумовлених типом ВР і видом гірської породи (тут P_k – тиск ПВ у точці сполучення ізоевтроп):

$$1.) \quad P_n > \sigma_{дин} \quad \sigma_{ст} < P_k < \sigma_{дин}$$

$$2.) \quad P_n > \sigma_{дин} \quad P_k > \sigma_{дин}$$

$$3.) \quad P_n \leq \sigma_{дин} \quad \sigma_{ст} < P_k < \sigma_{дин}$$

$$4.) \quad P_n \leq \sigma_{дин} \quad P_k < \sigma_{ст}$$

$$5.) \quad P_n > \sigma_{дин} \quad P_k < \sigma_{ст}$$

$$6.) \quad P_n \sim P_k > \sigma_{дин}$$

$$7.) \quad P_n \sim P_k \leq \sigma_{дин}$$

Висновки. Розгляд процесу впливу ПВ вибуху заряду ВР на гірську породу з виділенням у ньому 3-х стадій, зв'язаних із міцнісними властивостями гірських порід, дозволяє:

- обґрунтувати критерій раціонального енергонасичення гірських порід, що забезпечує комплексне енерго та ресурсозбереження;

- визначити втрати енергії вибуху або ж її витрати на виконання роботи з перездрибнювання гірської породи ($A_{\text{дис}}$, Дж/кг);
- визначити величину енергії вибуху на виконання роботи дроблення гірської породи ($A_{\text{др}}$, Дж/кг);
- визначити величину енергії вибуху на виконання роботи з переміщення дробленої гірської маси ($A_{\text{ост}}$, Дж/кг);
- установити співвідношення між різними видами роботи вибуху;
- сформувати параметричний ряд сумісності ВР і гірських порід за критерієм раціонального енергонасичення гірських порід;
- визначити оптимальні для заданих умов підривання та гірських порід вид ВР, конструкцію заряду й параметри проведення БПР, що забезпечують мінімальну витрату енергії вибуху заряду ВР на виконання ефективної роботи дроблення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ресурсосберегающие технологии взрывного разрушения горных пород / Э.И. Ефремов, В.М. Комир, И.А. Краснопольский, В.П. Мартыненко. – К.: Техника, 1990. – 149 с.
2. Комир В.М., Назаренко В.Г. Совершенствование работы предприятий по производству щебня. – К.: Будивельник, 1985. – 80 с., ил. – Библиогр.: 3-я с. обл.
3. Пономарьов А.В. Розробка ресурсозберігаючої технології відбійки нерудних корисних копалин з використанням найпростіших вибухових речовин: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.15.11 – "Фізичні процеси гірничого виробництва" / Пономарьов Андрій Вікторович ; Ін-т геотехн. механіки НАН України. – Дніпропетровськ, 2002. – 15 с.
4. Чебенко В.М. Розробка наукових основ ефективного управління вибуховим імпульсом при руйнуванні гірських порід на кар'єрах: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.15.09 – "Геотехнічна і гірнича механіка" / Чебенко Валерій Миколайович ; Нац. гірн. ун-т. – Дніпропетровськ, 2009. – 23 с.
5. Е.Г. Баранов, И.И. Клочко, Э.А. Петелин, А.Ф. Грибовода Возможности повышения эффективности взрывоподготовки флюсового сырья на карьерах Докучаевского ФДК // Огнеупоры. – 1991. – №12. – с.19-21.
6. Клочко И.И., Пирич Э.И., Монастырев Н.В. Повышение выхода готовой продукции на карьерах строительных материалов и флюсового сырья на стадии взрывоподготовки // Материалы научно-практической конференции "Донбасс – 2020 : наука и техника – производству", г. Донецк, 5 – 6 января 2002 г. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – С. 203 – 206.
7. Теория и практика открытых разработок / под общ. ред. акад. Н. В. Мельникова. - М.: Недра, 1973. – 636 с.
8. Разрушение горных пород взрывом: учебник для вузов / Б.Н. Кутузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: МНИ, 1992. - 516 с.
9. Подготовка горной массы на карьерах / Э. И. Ефремов. - М.: Недра, 1980. – 271 с.
10. Физические процессы при отбойке горных пород взрывом / А.Н. Ханукаев. - М.: Недра, 1974. – 224 с.
11. В.Н. Родионов К вопросу о повышении эффективности взрыва в твердой среде // Взрывное дело. – М.: Госгортехиздат. 1963. – № 51/18. – с.50-60.
12. Горные породы при неравномерных динамических нагрузках / Михалюк А.В. – К.: Наук.думка, 1980. – 154 с.
13. Михалюк А.В., Гундарев К.А. Об оптимальной плотности заряжания при проходке подземных сооружений взрывом в сжимаемых грунтах // Взрыв в пористых и дисперсных средах: Сб.науч.тр./ Ин-т геотехн. механики : Редкол.: В.В. Недин (отв. ред.) и др. – К.: Наук.думка. 1969. – с.53-59.
14. Михалюк А.В., Лобода Н.И. Прогноз динамической прочности горных пород // Изв.вузов. Горный журнал. – 1989. – №7. – с.10-14.

15. Деформационные свойства горных пород при высоких давлениях и температурах / Л.А. Шрейнер, Б.В. Байдюк, Н.Н. Павлова и др. – М.: Недра, 1968. – 358 с.

16. Петелин Э.А. Разработка высокоэффективных средств взрывного дробления скальных массивов с учетом их энергонасыщения [Текст] : Дис. канд.техн.наук: 05.15.11 / Петелин Эдуард Анатольевич; Днепропетровский горный ин-т. – Днепропетровск, 1993. – 170 л.

Э.А. Петелин

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

О СОВМЕСТИМОСТИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ И ГОРНЫХ ПОРОД ПО КРИТЕРИЮ РАЦИОНАЛЬНОГО ЭНЕРГОНАСЫЩЕНИЯ

Аннотация: Обоснован критерий рационального энергонасыщения горных пород, обусловленный характером распределения энергии взрыва заряда взрывчатого вещества в горной породе по видам работы. Это позволяет аналитически определить потери энергии взрыва, связанные с переизмельчением горной породы, количество энергии на выполнение работы дробления и перемещения горной массы. Соотношения между различными видами работы взрыва дают возможность определить оптимальные для заданных условий взрывания и горных пород параметры проведения буро-взрывных работ, обеспечивающие минимальный расход энергии взрыва на выполнение эффективной работы дробления.

Ключевые слова: *взрывоподготовка, ресурсосбережение, энергосбережение, переизмельчение, энергия взрыва, критерий рационального энергонасыщения, продукты взрыва, предел прочности.*

E. Petelin

Industrial Institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

ABOUT COMPATIBILITY OF EXPLOSIVE SUBSTANCES AND MOUNTAIN ROCKS BY CRITERIA FOR RATIONAL ENERGO-SATURATION

Annotation: The criterion of rational energy saturation of rocks is substantiated, which is determined by the nature of the energy distribution of the explosive charge in a rock by types of work. This allows us to analytically determine the explosion energy losses associated with the re-grinding of the rock, the amount of energy required to perform the crushing and moving operations of the rock mass. The relationships between the different types of explosion work make it possible to determine the parameters of blasting operations that are optimal for the given blasting conditions and rocks, which ensure a minimum energy consumption of the explosion for performing effective crushing work.

Key words: *rock blasting, resource saving, energy saving, re-crushing, the energy of explosion, strength limit, products of the explosion, criterion of rational energo-saturation of mine rocks*

О. О. Пуханов (канд. економ. наук)

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

О. І. Михайлов,

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

МЕТОДИ УСУНЕННЯ НЕДОЛІКІВ В РОБОТІ ШАХТНИХ СТІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ

Анотація: У статті викладено результати дослідження недоліків в роботі шахтних стрічкових конвеєрів, а також методи усунення цих недоліків. На основі аналізу, узагальнення й систематизації наукових джерел висвітлено основні проблеми в роботі стрічкових конвеєрів, засоби усунення цих проблем і підвищення ефективності роботи стрічкових конвеєрів в гірничих умовах.

Ключові слова: *стрічковий конвеєр, вантаж, конвеєрна стрічка, барабан, роликові опори, ролики.*

Постановка проблеми. Шахтні стрічкові конвеєри при правильній експлуатації є надійним видом транспорту, але виходять з ладу тільки при використанні їх не за призначенням або при порушенні правил експлуатації. Сьогодні складно собі уявити високопродуктивне виробництво без використання стрічкового конвеєра. Для переміщення вантажів, в тому числі і сипучих, використовують замкнуті стрічки. Можна говорити, що це агрегат безперервної дії, які має гнучка стрічка [1].

В сучасних шахтних стрічкових конвеєрах варто зазначити наявність їх суттєвих недоліків, що обмежують сферу застосування транспортувальних пристроїв такого типу. Основний мінус – висока ціна стрічки і роликів. У більшості випадків тяговий і вантажонесучий орган обходиться приблизно в 30% від загальної вартості установки, що чимало. Тут багато що залежить від призначення, а також технічних характеристик (матеріал, кількість шарів і т. п.). Ще один недолік полягає в тому, що барабан стрічкового конвеєра рухає стрічку за допомогою тертя. Це обмежує кут підйому, тому він не може перевищувати 20°. Крім цього, досить проблематично переміщати пилоподібні вантажі, які в процесі руху можуть частково випаровуватися і розсипатися. Термічні впливи змінюють характеристики гнучкої конвеєрної стрічки, а також призводять до її руйнування.

Аналіз попередніх досліджень. На основі результатів досліджень членами і науковими співробітниками Національної академії наук України були розроблені новітні методи оцінки та виявлення причин несправності в роботі шахтних стрічкових конвеєрів, але не були враховані такі види несправностей, як: зайвий або недостатній натяг стрічки; присутність невідповідного або неякісного мастила при зачепленні зубчастих колес або його загальна відсутність; значне прокидання переміщуваного матеріалу з-під завантажувальної воронки, його налипання та ковзання, заміна зношеної стрічки [2, 3].

Мета статті. Дослідження і аналіз недоліків в роботі шахтних стрічкових конвеєрів для підвищення експлуатації і забезпечення їх тривалої роботи.

Викладення основного матеріалу дослідження. Розповсюдженими недоліками шахтних стрічкових конвеєрів є невеликий термін служби стрічки, обмеження кута нахилу і області застосування шахтних стрічкових конвеєрів, що пов'язано з наступними факторами:

- Крупністю та абразивністю транспортуемого матеріалу.
- Обмеження кута підйому при використанні нормальної гладкої стрічки (до 16 – 20° в залежності від властивостей транспортування матеріалу і конструкції роликового ставу).

– Необхідність прямолінійного встановлення конвеєрного ставу в плані, що не дозволяє використовувати конвеєри на криволінійних ділянках.

Основні несправності стрічкових конвеєрів, причини та способи їх усунення наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Несправності стрічкових конвеєрів і способи їх усунення

Несправності	Причини несправностей	Способи усунення
Стрічка збігає	Перекис валів приводного або натяжного барабанів	Перевірити стан підшипників барабанів, усунути перекис
	Неправильне положення роликів опор	Встановити роликові опори перпендикулярно поздовжньої осі конвеєра
	Неправильне зшивання стрічки	Перешити стрічку і відрегулювати натяг
	Налипання матеріалу на барабани роликові опори	Налагодити правильне завантаження
	Однобічне завантаження стрічки	Очистити барабани й роликові опори, відрегулювати роботу скребків
Поперемінний зсув стрічки вправо і вліво	Конвеєр встановлено похило в поперечному напрямку	Встановити правильно конвеєр, щоб вісь була горизонтальною
	Зайвий натяг стрічки	Відрегулювати натяг
Стрічка провисає між роликівими опорами і пробуксовує на приводному барабані	Недостатній натяг стрічки	Підтягти стрічку і при необхідності перешити
Значне прокидання матеріалу з-під завантажувальної воронки	Зносилися гумові смужки на нижніх краях воронки	Замінити смужки
	Великий кут нахилу	Зменшити кут нахилу
Ковзання переміщувального вантажу	Зіткнення бортів завантажувальної воронки зі стрічкою	Правильно встановити борти
Напрявні ролики не переміщуються по осях	Неправильна збірка	Перевірити положення осей, роликів, блоків
	Заїдання на осях	
Незвичайний шум в передачі	Невідповідне або неякісне мастило, недолік або його відсутність	Поповнити або залити мастило, вилити старе мастило, залити якісне
	Неправильна збірка (наприклад, знос або поломка зубів)	Перевірити правильність зачеплення, усунути неправильність складання (наприклад, замінити зубчасті колеса)

Натяг стрічки можна при деякому досвіді перевірити за величиною прогину від натиску на неї рукою і за величиною провисання завантаженої стрічки між роликами. Підвищене провисання стрічки між роликоопорами є наслідком збільшення кроку цих опор, недостатнього натягу стрічки або підвищення навантаження на стрічку. Для нормального натягу конвеєрної стрічки необхідно підтягнути натягач, перевірити крок роликів.

Якщо стрічка неправильно набігає на барабан, то необхідно послабити гайки кріплення двох-трьох роликів опор у приводного барабана з боку набігання стрічки і ударом молотка подати вперед краї цих роликів. При подачі одного краю роlikової опори вперед другий край подається назад. У тому випадку, якщо виявлено перекіс стрічки в середній частині конвеєра, то стрічку регулюють на ділянці біля початку сходу стрічки; для цього треба повернути кілька роликів опор у бік руху з боку її натягу.

Перед експлуатацією слід переконатися в тому, що натяжний барабан і підтримувальні ролики легко обертаються. Для нормальної експлуатації конвеєра матеріал необхідно подавати рівномірно і в кількості, що відповідає продуктивності машини. Матеріал на стрічці повинен розташовуватися рівним шаром, стрічку слід завантажувати рівномірно, але без перевантаження, в результаті якої матеріал зсипається з країв.

У зимових умовах для поліпшення зчеплення стрічки з ведучим барабаном на нього доцільно наклеювати шматок конвеєрної стрічки. У процесі експлуатації шахтного стрічкового конвеєра необхідно замінювати зношену стрічку, а також з'єднувати її кінці. Заміна зношеної стрічки викликає певні труднощі, але ця операція може бути полегшена шляхом використання тягового зусилля, переданого старої стрічкою. Для цього стару стрічку розрізають і тимчасово з'єднують з кінцем нової стрічки так, щоб кінець нової стрічки був зверху провідного кінця старої стрічки, а ведений кінець старої стрічки був покладений зверху нової стрічки і приєднаний до неї.

Для усунення недоліків в роботі шахтних стрічкових конвеєрів також передбачається використання очисних, розвантажувальних і завантажувальних пристроїв.

Очисні пристрої призначені для очистки стрічки від налипаючого вантажу. Їх виконують у вигляді шкребків, армованих резиною і встановлюють на нижній гілці стрічки біля привода так, щоб вони притискувались до поверхні стрічки не пошкоджуючи її. Плужкові скидачі використовуються при транспортуванні неабразивних матеріалів при швидкості до 1,5 м/с. Застосовуються також циліндричні, капронові щітки, які приводяться в зустрічне обертання по відношенню до напрямку руху стрічки від самостійного приводу або барабану конвеєра.

Для очищення робочої поверхні стрічки від прилиплих частинок матеріалу застосовуються: для сухих вантажів скребки, встановлені під розвантажувальним барабаном, а для сирих і липких матеріалів – щітки, що обертаються, дротяні або гумові. Скребок або щітка до барабана притискається за допомогою важеля з вантажем на кінці.

На дуже довгих стрічкових конвеєрах відкладення пилу на роликоопорах холостий гілки запобігається за допомогою перекичування стрічки. При цьому забруднена верхня сторона стрічки буде перегорнуто на роликоопоре холостий гілки. При такому методі пил НЕ стикається з цим роликоопорами - вона залишається на стрічці. Прокидання матеріалу може відбуватися тільки в точці перекичування. При перекидуванні конвеєрна стрічка повинна двічі повертатися на 180°. Це здійснюється за допомогою горизонтальних роликоопор на початку і кінці перекичування стрічки і вертикальних роликоопор в середині стрічки. Як і при застосуванні жолобчастих роликоопор, перекичування викликає стиснення центральній частині стрічки і подовження бічних сторін.

Досвід показав, що натягач має бути встановлено між приводним барабаном і першим поворотом стрічки. Якщо натягач встановити між другим поворотом стрічки і останнім барабаном, то при пуску конвеєра зворотна гілка буде занадто сильно розгойдуватися.

Очищення стрічки повинна бути передбачена ще на етапі проектування конвеєра. Установка пристрою для очищення стрічки вже після складання конвеєра призводить до додаткових витрат і зниження ефективності. Особливу увагу слід приділити тому, що більшість очисних пристроїв конструюють для одного напрямку руху конвеєра.

Для забезпечення рівномірного завантаження стрічки сипким матеріалом в місці його завантаження застосовуються завантажувальні воронки і направляючі лотки, що мають на задній і бічних стінках ущільнення з гуми. Подача штучних вантажів на конвеєр відбувається на похилих лотках або вручну.

Розвантаження стрічкових конвеєрів може проводитись безпосередньо через приводний барабан або в будь-якому проміжному пункті за допомогою спеціальних розвантажувальних пристроїв, стаціонарних і пересувних плужкових скидачів, а також за допомогою пересувних двобарабанных скидаючих візків, що пересуваються на всьому фронті горизонтальної ділянки конвеєра за допомогою механізму, що має електричний або ручний привод.

Плужкові скидачі залежно від напрямку розвантаження матеріалу застосовуються одно- або двосторонні. При використанні плужкових скидачів на конвеєрі із стрічкою жолоба застосовується спеціальна роликова платформа, що випрямляє стрічку в пункті скидання. Для зменшення зносу стрічки швидкість конвеєра при плужкових скидачах рекомендується не більше 1,25 м/с. Плужок обшивається знизу знімними гумовими смугами.

Завантажувальний пристрій стрічкового конвеєра містить відбортки на опорах, закріплених на поставі конвеєра, який відрізняється тим, що кожна опора виконана у вигляді телескопічної труби з рухомо закріпленням на ній з боку відбортки шківом, в рівняку якого встановлене, з можливістю контакту зі стрічкою конвеєра, кільце з еластичного матеріалу. Завантажувальні пристрої розробляються з урахуванням конкретних умов: висоти перепаду матеріалу при пересипанні, кута підходу потоку матеріалу до стрічки завантажується конвеєра, характеристики матеріалу і ін. Завантажувальна частина стрічкових конвеєрів, що транспортують кускові абразивні матеріали, є найбільш відповідальною ділянкою, тут стрічка конвеєрів піддається інтенсивному ударно абразивного зношенню.

Висновки. Таким чином, на підставі виконаних досліджень було висловлено, що усунення недоліків і несправностей в роботі шахтних стрічкових конвеєрів досягається за допомогою: відрегулювання натягу конвеєрної стрічки; заміни старого невідповідного і неякісного мастила на нове, більш якісне, при правильному зачепленні зубчастих коліс; заміни зношеної конвеєрної стрічки; її очищення від налипання, ковзання і значного прокидання вантажу з-під завантажувальної воронки. Важливо створювати високоміцні термостійкі деталі для забезпечення високої експлуатації роботи шахтних стрічкових конвеєрів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Братченко Б.Ф. Рудничний транспорт та механізація допоміжних робіт – Київ, 1978
2. Шахмейстер Л.Г., Солод Г.І. Підземні конвеєрні установки – Київ, 1976
3. Крилова Н. Ф., Кузьмінов К. В. Завантажувальний пристрій стрічкового конвеєра – Київ, 2006

А. А. Пуханов (канд. економ. наук)

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

А. И. Михайлов,

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ НЕДОСТАТКОВ В РАБОТЕ ШАХТНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Аннотация: В статье изложены результаты исследования недостатков в работе шахтных ленточных конвейеров, а также методы устранения этих недостатков. На основе анализа, обобщения и систематизации научных источников освещены основные проблемы в работе ленточных конвейеров, средства устранения этих проблем и повышения эффективности работы ленточных конвейеров в горных условиях.

Ключевые слова: ленточный конвейер, груз, конвейерная лента, барабан, роликовые опоры, ролики.

A. Pukhanov (Candidate of Economic Sciences)

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

A. Mikhailov,

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

SOLUTION SHORTCOMINGS IN THE OPERATION OF THE MINE BELT CONVEYORS

Annotation: The article presents the results of research deficiencies in the mine belt conveyors and methods address these shortcomings. Based on the analysis, generalization and systematization of scientific sources highlights the main problems in the conveyor belt, tools address these problems and improve the efficiency of belt conveyors in mining conditions.

Keywords: belt conveyor, weight, conveyor tape, drum, roller bearings, rollers.

УДК 622.831.27

О.І. Сергієнко, (канд. техн. наук, доцент),

Індустріальний Інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Т.П. Вербна

Індустріальний Інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

РАЦІОНАЛЬНІ УМОВИ РОЗТАШУВАННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК

Анотація: В статті розглянуто раціональні умови розташування підготовчих виробок. Запропонована чисельна модель напружено-деформованого стану гірського масиву навколо охоронної виробки ціликом вугілля. Встановленні оптимальні параметри цілика вугілля для даних гірничо-геологічних умов.

Ключові слова: раціональні умови, підготовчі виробки, чисельна модель, напружено-деформований стан, гірський масив.

Постановка проблеми. Питання про раціональні умови розташування та підтримки підготовчих виробок є одним з найбільш складних і **актуальних** в гірській геомеханіці. Ця складність визначається безліччю факторів, що впливають на характер і величину зміщення контуру перерізу виробок (і окремих його частин). Серед найбільш істотних факторів найбільшою мінливістю виділяється вплив очисних виробок, що виражається в концентрації напружень у зоні опорного тиску і його зниження в підроблених ділянках масиву. Переміщення підготовчих виробок щодо меж очисного простору або в напрямку, нормальному до нашарування, може в десятки разів змінити величину зміщення контуру виробки. Це у великій мірі ускладнює експериментальне вирішення питання про раціональні умови розташування та охорони підготовчих виробок і викликає необхідність теоретичного розгляду цього питання - спочатку для якісної оцінки впливу найважливіших чинників, а потім в міру накопичення відомостей про числові дані, що характеризують кожен фактор,

можна перейти і до визначення зміщень контуру виробок повністю шляхом аналітичного розрахунку.

Аналіз попередніх досліджень. Відомий спосіб охорони підготовчих виробок при підземній розробці пластів корисних копалин (Худин Ю.Л., Устинов М.І., Брайцев О.В. та ін. «Бесцеликовая відпрацювання пластів». М, Надра, 1983. с.61), включає проведення дільничних підготовчих виробок, відпрацювання пласта корисної копалини довгими очисними вибоями без залишення ціликів корисних копалин між стовпами і охорону підготовчих виробок на межі з виробленим простором вогнищами з круглого лісу.

Недоліком даного способу є значні витрати часу і матеріальних засобів на підтримку повторно використовуваних виробок

Мета дослідження: розглянути раціональні умови розташування підготовчих виробок. Для цього запропонована чисельна модель напружено-деформованого стану гірського масиву навколо охоронної виробки ціликом вугілля, а також встановлення оптимальних параметрів цілика вугілля для даних гірничо-геологічних умов.

Основний матеріал дослідження. Для розрахунку зміщень контуру підготовчих виробок необхідно користуватися швидкостями зсувів, пов'язаними зі зміною гірничотехнічних умов. Площа епюри швидкостей зміщень контуру виробок у відповідному масштабі буде представляти величину зміщень контуру на заданий момент часу.

Швидкості зміщень контуру виробок залежать від ступеня напруженості гірського масиву навколо виробок і фізико-механічних властивостей масиву — міцності на зонах стиснення і кута внутрішнього тертя.

Відомо, що напруга масиву навколо виробки, зростає вище границі повзучості, з плином часу зменшується внаслідок пластичних деформацій порід. По мірі зменшення напружень зменшується і швидкість деформації порід, а отже, і швидкість зміщень контуру виробки. Нове збільшення напружень викликає нову хвилю швидкостей зміщень контуру виробки.

В області впливу очисних виробок утворюються зони, в яких внаслідок пружності згинаючих підроблених шарів гірського масиву відбувається зависання порід та їх часткова або повна розвантаження від ваги товщі, яка налягає. Вага зависаючих порід передається на суміжні з відпрацьованими ділянки гірського масиву і цілики, створюючи таким чином зони опорного тиску. Напруження в зоні опорного тиску в 2-4 рази перевищувати напруги: у незайманому масиві. Необхідно брати до уваги також зміни міцності порід по нормалі до нашаруванню — серед більш слабких шарів вугілля, вуглистих аргілітів і аргілітів (або глинистих сланців) залягають досить міцні шари пісковиків, вапняків і т. п.

Таким чином, співвідношення напружень σ_1 і міцності в зонах стиснення, яке будемо

$$d = \frac{\sigma_1}{\sigma_{сж}}$$

називати відносним показником напруженості порід, $\sigma_{сж}$, в різних зонах області впливу очисних виробок може змінюватися в десятки разів. Відповідно до цього змінюються і зміщення контуру підготовчих виробок, в залежності від того, в яких зонах і в яких породах ці виробки розташовуються.

Неоднорідність шаруватості товщі порід, що вміщують вугільний пласт, і поля напружень в області впливу очисної виробки визначають необхідність варіантної проробки питання про найбільш раціональному розташуванні виробок щодо меж виробленого простору і самого розроблюваного пласта.

Підготовчі вироблення можуть надійно функціонувати тільки тоді, коли їх площі поперечного перерізу відповідає проектним і задовольняють вимогам правил безпеки [1].

Під впливом гірського тиску виробки деформуються. Міра руйнування порід, зміщення їх в порожнину виробки, а також поломки кріплення залежить від розташування виробки по відношенню до очисних вибоїв.

При фіксованому положенні очисного вибою окремі ділянки підготовчих виробок можуть знаходитися в наступних зонах (рис.1): I - поза зоною впливу очисного вибою; II - в зоні впливу тимчасового опорного тиску попереду очисного вибою; III - в зоні впливу

тимчасового опорного тиску позаду очисного вибою; IV - в зоні сталого опорного тиску позаду очисного вибою; V - в зоні повторного тимчасового опорного тиску попереду очисного вибою; VI - в зоні повторного тимчасового опорного тиску позаду очисного вибою; VII - в зоні повторного сталого опорного тиску. Зони V, VI і VII спостерігаються при повторному використанні одної виробки.

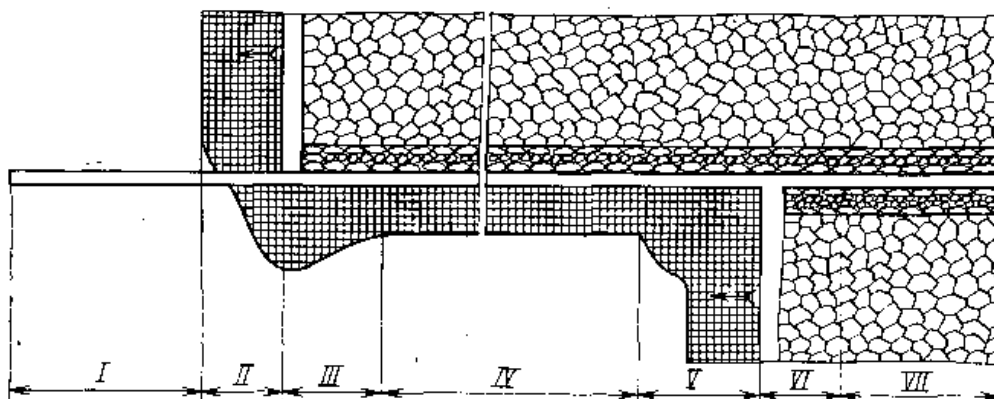


Рисунок 1. – Схема розміщення зон опорного тиску.

Під впливом опорного тиску відбуваються інтенсивні деформації порід і їх зміщення у виробки. У цих умовах застосовують спеціальні заходи щодо попередження руйнування виробок, названі охороною виробок.

У межах кожного породного прошарку приймаємо суцільне, однорідне, ізотропне середовище, тому для визначення напружень у породних прошарках застосовуємо рівняння механіки суцільних середовищ [2, 3, 4].

Виймка вугільних пластів призводить до деформацій і руйнування вище розміщених шарів гірських порід, перерозподіли напруги в навколишньому гірському масиві. Дослідження проявів гірського тиску при підземній розробці пластів вугілля є необхідною умовою для ухвалення обґрунтованих рішень по способах і засобах кріплення гірських вироблень і управління покрівлею, а тому є актуальними.

Внаслідок перерозподілу напруженого стану в гірському масиві при виїмці вугілля і при наступній деформації і обваленні порід безпосередньої покрівлі у виробленому просторі формуються попереду забою лави зони опорного тиску.

Таку картину розподілу напруги і деформацій гірського масиву можна отримати, використовуючи пакет прикладних програм фірми ANSYS, які базуються на використанні чисельних методів, а саме – методу кінцевих елементів.

Суть методу кінцевих елементів полягає в апроксимації досліджуваного тіла деякою моделлю, яка є сукупність елементів з кінцевим числом ступенів свободи. Ці елементи взаємозв'язані тільки у вузлових точках, куди прикладаються фіктивні сили, еквівалентні поверхневій нарузі, розподіленій по межах елементів. Параметри приведеної системи, що ідеалізується, визначаються виходячи з відповідних варіаційних рішень.

Метод кінцевих елементів дозволяє значно зменшити витрати при розробці нових технологій, оскільки дозволяє істотно скоротити об'єми або навіть повністю відмовитися від дорогих стендових випробувань. Крім того за допомогою методу кінцевих елементів можна в порівняльні терміни оцінити характеристики різних варіантів моделі і вибрати найкращу [5].

Розглянемо одно з можливих рішень задачі про знаходження розподілу напруги навколо гірничих виробок математичним методом, заснованим на використанні положення теорії пружності[6].

Комп'ютерна модель, що приймається для визначення напружено-деформованого стану масиву порід навколо гірничої виробки **від впливу очисних робіт (рис. 2.), створена у середовищі програми ANSYS [5].**

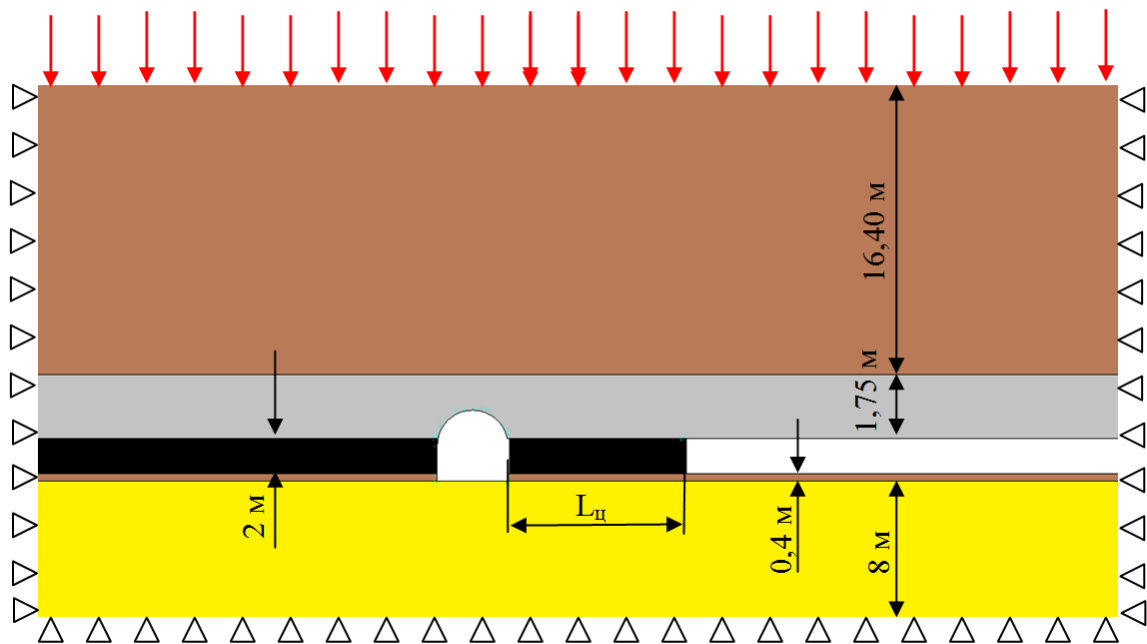


Рисунок 2 – Модель для визначення напружено-деформованого стану масиву порід навколо гірничої виробки з охороною ціликом вугілля

Між покрівлею та підшвою задаються граничні умови контакту. Оскільки при опусканні покрівлі між нею та підшвою утворюються контактні пари. Зокрема навантаження моделі на основну покрівлю діють ще гравітаційні сили, які утворюють тиск від ваги порід покрівлі. Тому задаємо ще прискорення моделі по вісі y . Бічний тиск порід утворюються за рахунок граничних умов моделі. Це буде поперечний тиск за рахунок дії вертикального тиску.

Середу породних шарів приймаємо однорідну та ізотропну, це дозволить нам розрахувати пружні деформації моделі, які є найбільш небезпечними для кріплення виробок.

Аналізуючи стан виробки при її охорони ціликом вугілля шириною $L_{ц} = 30$ м можна зробити висновок:

Покрівля виробки $\sigma_{екв} = 13,5$ МПа; підшва виробки $\sigma_{екв} = 13,6$ МПа. Цілик вугілля від $\sigma_{екв} = 25,3$ МПа до $\sigma_{екв} = 108$ МПа (рис. 3).

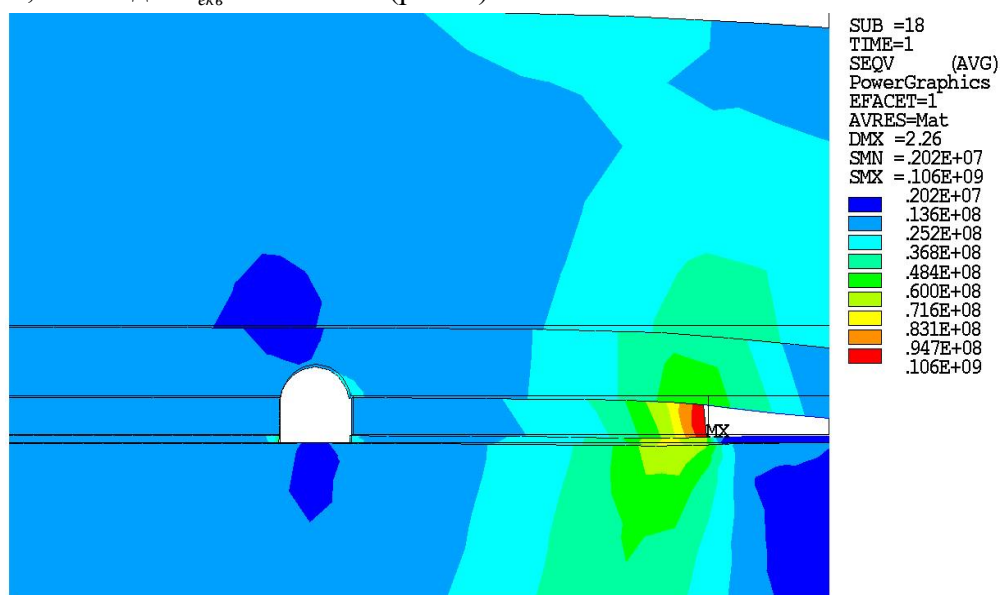


Рисунок 3 – Ізолнії еквівалентних напружень.

Маємо стійке покріплення виробки, висипання порід покрівлі у виробку з боку вугільного цілика відсутнє, відведений від виробки максимум опорного тиску за рахунок

ширини цілика вугілля і неушкоджена форма виробки.

Зміна коефіцієнту концентрації опорного тиску на цілик вугілля від ширини цілика представлена на рисунку 5.

Коефіцієнту концентрації опорного тиску має максимум при ширині цілика 20 м і складає $K_0=4,01$. Мінімум при ширині цілика 30 м – $K_0=3,8$. От же при збільшення ширини цілика до 60 м коефіцієнт концентрації опорного тиску незначно збільшується і складає $K_0=3,81$.

Вертикальне зміщення у покрівлі виробки має мінімальне значення при ширині цілика $L_{ц} = 30$ м і складає $U_y = 13$ см (рис. 4). При збільшення ширини цілика до 60 м вертикальне зміщення зростає до 15 см.

Висновки. Питання про раціональні умови розташування та підтримки підготовчих виробок є одним з найбільш складних в гірській геомеханіці. Ця складність визначається безліччю факторів, що впливають на характер і величину зміщення контуру перерізу виробок (і окремих його частин).

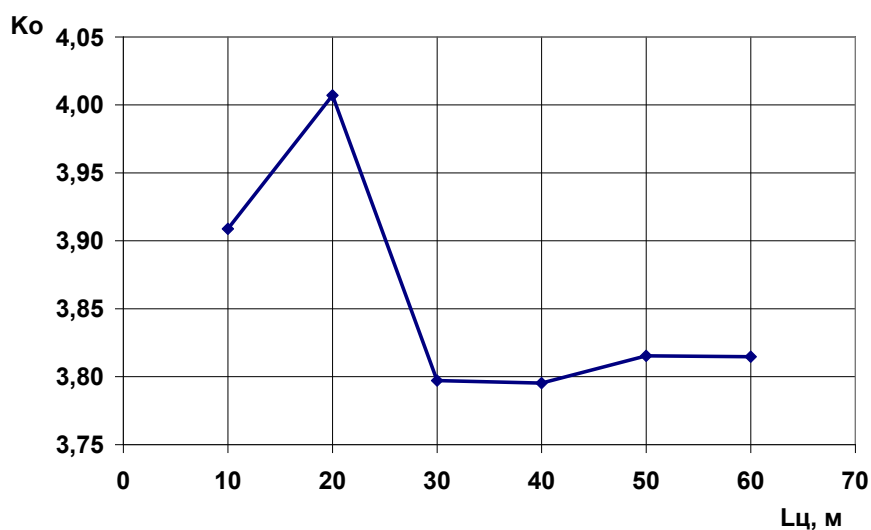


Рисунок 4 – Зміна коефіцієнту концентрації опорного тиску на цілик вугілля від ширини цілика

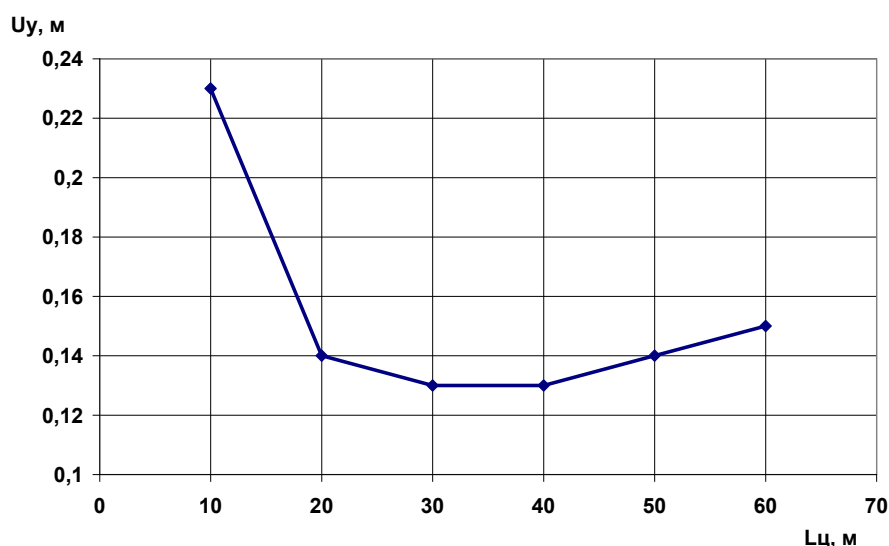


Рисунок 5 – Зміна вертикального зміщення у покрівлі виробки від ширини цілика

Переміщення підготовчих виробок щодо меж очисного простору або в напрямку, нормальному до нашарування, може в десятки разів змінити величину зміщення контуру виробки. Це у великій мірі ускладнює експериментальне вирішення питання про раціональних умов розташування та охорони підготовчих виробок і викликає необхідність

теоретичного розгляду цього питання спочатку для якісної оцінки впливу найважливіших чинників, а потім у міру накопичення відомостей про числових даних, що характеризують кожен фактор, можна перейти і до визначення зміщень контуру виробок повністю шляхом аналітичного розрахунку.

В якості резюме треба відзначити, що в даній роботі обґрунтовані раціональні умови розташування підготовчих виробок. Отже, оптимальна ширина цілика - це 30 м. Форма і цілісність покрівлі виробки залишаються майже неушкоджені. Опорний тиск на цілик вугілля при цій довжині буде мінімальним і складає $K_0=3,8$. Вертикальне зміщення у покрівлі виробки має мінімальне значення при ширині цілика $L_y = 30$ м і складає $U_y=13$ см.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Проскуряков Н.М. Управление состоянием массива горных пород: Учеб. для вузов. М.: Недра, 1991. – 368 с.: ил.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды, т. I, – М., Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1970 г., стр. 492с.
3. Турчанинов И. А., Иофис М. А., Каспарьян Э. В. Основы механики горных пород.— Л.: Недра, 1989.— 488 с.
4. Кацауров И.Н. Механика горных пород. Вып. 2. Горное давление. МГИ, 1972.
5. Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. ANSYS для инженеров: Справочное пособие. М.: Машиностроение-1, 2004. 512 с.
6. Тимошенко С.П. Курс теории упругости. – К.: Наукова думка, 1972. - 508 с.

А.И. Сергиенко, (канд. техн. наук, доцент),

Индустриальный Институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Т.П. Вербная

Индустриальный Институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

РАЦИОНАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Аннотация: В статье рассмотрены рациональные условия расположения подготовительных выработок. Предложена численная модель напряженно-деформированного состояния горного массива вокруг охранной выработки целик угля. Установлены оптимальные параметры целика угля для данных горно-геологических условий.

Ключевые слова: рациональные условия, подготовительные выработки, численная модель, напряженно-деформированное состояние, горный массив.

A. Sergienko, (Cand. tech. Sciences, associate Professor),

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

T. Verbnaj

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

RATIONAL CONDITIONS OF THE LOCATION OF PREPARATORY WORKINGS

Annotation: The article considers the rational conditions of the location of excavation. A numerical model of the stress-strain condition of rock massif around the generation of the security pillar of coal. The optimal parameters of pillar coal mining-geological conditions.

Key words: rational conditions of preparatory development, numerical model, stress-strain state of the massif.

О.І. Сергієнко, (канд. техн. наук, доцент),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Д.В. Жук

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

РОЗПОДІЛ ДЖЕРЕЛ МЕТАНОВИДІЛЕННЯ ПО ЗОНАМ СИСТЕМ АЕРОДИНАМІЧНО ЗВ'ЯЗАНИХ ТРІЩИН (САЗТ) НА ПРИКЛАДІ ШАХТИ «КАПІТАЛЬНА»

Анотація: Обґрунтовані параметри дегазації джерел метановиділення на виїмковій дільниці. Встановлені параметри зон тріщинуватості у гірничому масиву при відпрацюванні вугільного пласта.

Ключові слова: *дегазація, джерела метановиділення, зони тріщинуватості, відпрацьовані вугільні пласти.*

Постановка проблеми. Шахта «Капітальна» (ім. О.Г.Стаханова) розробляє один з вугільних пластів l_1 центрального похилу горизонту 1136 м блоку № 4. Вугільний пласт складної будови, складається із двох вугільних пачок і породного прошарку між ними. Загальна потужність пласта 1,35 м. Кут падіння пласта l_1 – 6°. Вугільний пласт l_1 у межах виїмкового стовпу, по відомостях шахти, надроблені гірничими роботами по пласту l_3 , який залягає на відстані 38–40 м. Вугільний пласт не небезпечний по раптових викидах вугілля й газу, до самозаймання не схильний, небезпечний по вибухах пилу. Виїмка вугілля проводиться по стовповій системі розробки по простяганню.

Актуальність теми. Виділення метану з вуглепородного масиву на шахтах Донбасу є одним із головних факторів, який ускладнює видобуток вугілля, погіршує продуктивність і безпеку праці шахтарів. Із збільшенням глибини розробки різко погіршали гірничо-геологічні і гірничотехнічні умови ведення очисних робіт. Значно зросло виділення метану у вироблений простір, основними джерелами якого є пісковики та пласти-супутники. На сьогодні, основним методом зниження багатометановості виробок є дегазація вищерозміщених порід і пластів-супутників, ефективність якої залежить від вибраних параметрів.

При веденні очисних робіт відбувається розвантаження підроблюваного вуглепородного масиву. Розущільнення гірської породи за рахунок розвитку тріщинуватості призводить до інтенсивного виділення метану в гірничі виробки.

Таким чином, **метою даного дослідження** є обґрунтування параметрів дегазації на виїмковій дільниці, з урахуванням розмірів зон тріщинуватості для забезпечення ефективної дегазації.

Аналіз попередніх досліджень. Ефективним засобом зниження метанообільності виробок і підвищення продуктивності вибоїв за газовим фактором є дегазація, яка знаходить широке застосування у вугільних шахтах і є невід'ємним технологічним процесом у видобутку вугілля. Досвід застосування дегазації та утилізації каптованого метану підтверджує їх високу техніко-економічну ефективність і покращує екологію у вугільних регіонах. Впровадження дегазації дозволяє знизити метановість виїмкових дільниць на 50–80%, усунути простої лав через їх загазування, збільшити навантаження на лаву і швидкість проведення підготовчих виробок, а також підвищити безпеку робіт на пластах з високою метаносністю.

Але існуючі схеми буріння дегазаційних свердловин, які використовують з метою підвищення ефективності вилучення метану, як правило, не враховують розміри зони впливу розвантаження на вуглепородний масив. [1].

Основний матеріал дослідження. В роботі виконані наступні завдання:

1. Виконано прогноз багатометановості виймальної ділянки (за природною метанонасінстю пласта).
2. Виконано розрахунок розподілу джерел по зонах аеродинамічно пов'язаних тріщин.

За результатами розрахунків відносна багатометановість виймальної ділянки складає – 22, 9 м³/т, в тому числі:

- з розроблює мого пласта – 9,52 м³/т;
- з пластів-супутників – 7,09 м³/т;
- з вміщуючих порід – 6,3 м³/т;

Середнє очікуване метановиділення на виймальній ділянці: $I_{уч}^- = 19,4 \text{ м}^3/\text{хв.}$

Метановиділення з розроблюваного пласта складає: $I_{пл}^- = 8,07 \text{ м}^3/\text{хв.}$

Результати розрахунків показали, що основними джерелами метановиділення при відпрацюванні пласта l_1 – є пласти-супутники і вміщуючі породи (65 %). Ці джерела метану повинні дегазуватися свердловинами в першу чергу, а коефіцієнт дегазації ділянки повинен бути: $K_{дег.общ.} = 0,53$ [3].

В результаті ведення очисних робіт відбувається зрушення породних шарів над виробленим простором. Це призводить до утворення розвантажувальної зони, яка представляє собою систему аеродинамічно зв'язаних тріщин (САЗТ) (рис.1). Система аеродинамічно зв'язаних тріщин (САЗТ) включає в себе наступні зони: зону випереджальної тріщинуватості (ЗВТ); зону розвиваючої тріщинуватості (ЗРТ); зону проміжучого колектору (ЗПК) (через ЗПК мігрує метан, що виділяється з усіх розвантажуючих джерел, в тому числі з розроб. пласта); зону крупних сколів (ЗКС) (Прилягає безпосередньо до виробленого простору і формує зону обвалення порід покрівлі). [2, 4-5].

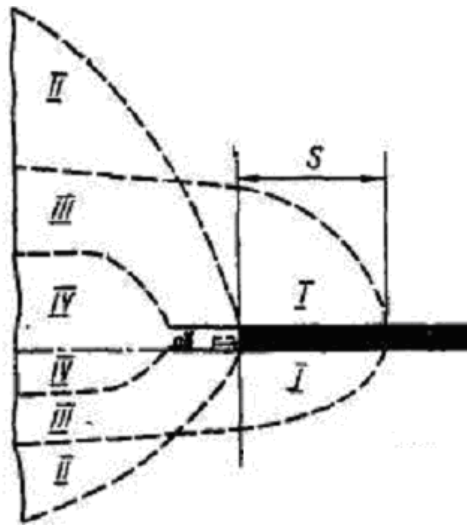


Рисунок 1 – Розподіл зон тріщинуватості у гірничому масиву при відпрацюванні вугільного пласта: 1 – ЗВТ; 2 – ЗРТ; 3 – ЗПК; 4 – ЗКС

Для визначення розміру зони впливу розвантаження на вуглепородний масив були встановлені границі віддаленості зон систем аеродинамічно зв'язаних тріщин.

На рис. 2. показано, що у покрівлі в зоні ЗПК (зоні проміжного колектору) залягає пласт-супутник l_1^e розташований на відстані 14 м від розроблюваного пласта l_1 . На шахті цей пласт-супутник l_1^e не дегазується свердловиною, але він наднебезпечний, тому що він близько розташований від розроблюваного пласта і при обваленні багато метану з нього виділиться у вироблений простір. У цьому випадку більш доцільно використання екрануючих свердловин. Екрануючі свердловини буряться у покрівлю паралельно лінії

очисного вибою та плоскості нашарування на відстані від розробляемого пласта, яка дорівнює $3 \cdot m$. Ці свердловини призначені для дегазації розроблюваного пласта і, частково, джерел (розвантажених вугільних пластів, тобто пласт-супутник l_1^e). Таким чином, екрануюча свердловина буде дегазувати розвантажені і пласт-супутник l_1^e і розроблюваний пласт l_1 .

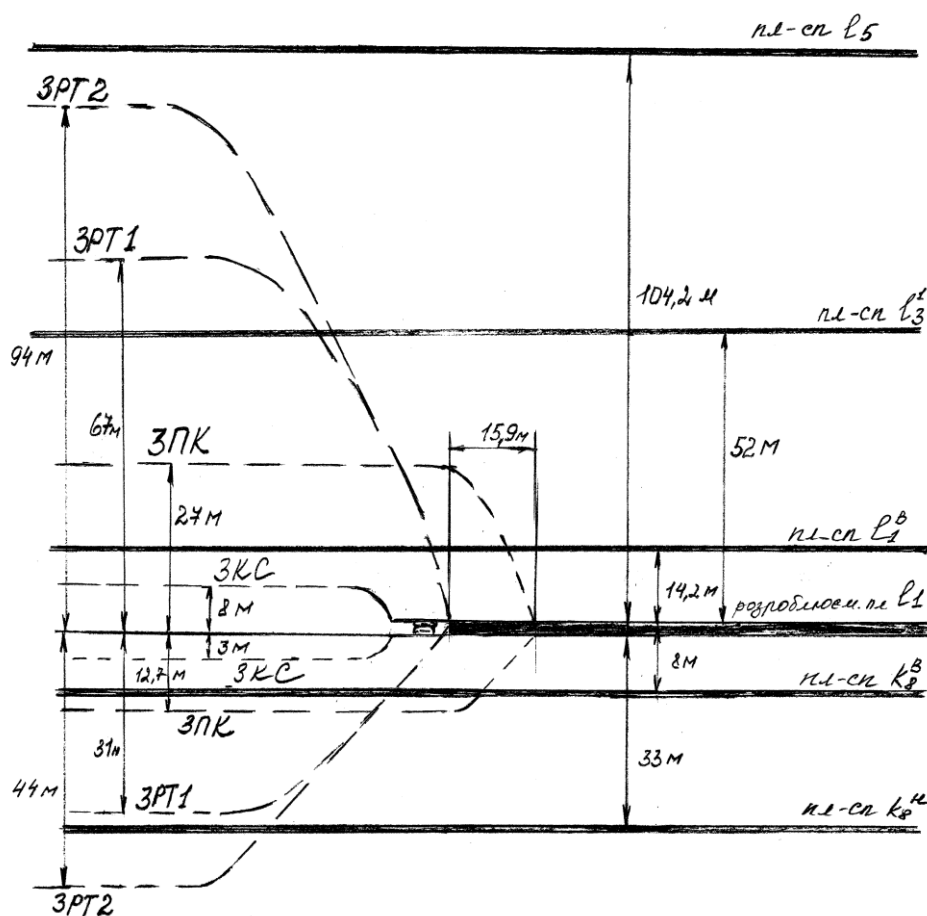


Рисунок 2 – Розташування пласта-супутника відносно розроблювального пласта у покрівлі в зоні ЗПК

Згідно нормативним документам, відстань (М) до підроблюваного пласта-супутника у покрівлі, яка перетинається свердловиною рекомендують вибирати в межах $30m_e > M > 15m_e$, де m_e – виймальна потужність пласта. Якщо в указаних межах підроблюваних вугільних пластів нема, тоді свердловини треба бурити до контакту з міцним породним шаром. У нашому випадку М знаходиться у межах від 27 до 40,5 м. По даним шахти відомо, що пласт l_3 , який знаходився на відстані 40 м від пласта l_1 – відпрацьовано раніше, а пласт-супутник l_1^1 частково дегазований раніше і знаходиться на відстані 52 м, тому у цьому інтервалі підроблюваних пластів-супутників нема. В такому випадку рекомендовано бурити дегазаційні свердловини до перетинання з пісковиком потужністю 2,7 м, розташованим на відстані 22 м по нормалі від розробляемого пласта l_1 .

Пласт-супутник l_5 знаходиться на відстані 104,2 м від розроблюваного пласта l_1 та вище зони ЗРТ-2, тобто не знаходиться у зоні розвантаження (немає сенсу бурити свердловини).

У підшві підроблюємого пласта l_1 залягають два пласта-супутника k_8^e і k_8'' на відстані 8 і 33 м. Пласт-супутник k_8^e знаходиться в ЗПК, k_8'' - в ЗРТ-1, тобто в зоні

розвантаження, тому доцільно для безпечного ведення очисних робіт бурити дегазаційні свердловини у підшву пласта.

Таким чином, розроблена схема дегазації передбачає буріння екрануючих свердловин паралельно лінії очисного забою і буріння дегазаційних свердловин з розворотом на очисний вибій з наступними розрахованими параметрами свердловин

Дегазаційні свердловини буряться з конвеєрного штреку, згідно розрахованим параметрам. Визначені кути розвороту, нахилу й довжина свердловин та відстань між «кущами» свердловин.

Таблиця 1 – Параметри дегазаційних свердловин 1-ої південної лави пласта l_1 центр. похилу горизонту 1136 м блоку № 4

Вид свердловин	Параметри дегазаційних свердловин			
	Кут розвороту, град.	Кут нахилу, град.	Довжина свердловини, м	Відстань між свердловинами, м
екрануючі свердловини у покрівлі пласта l_1	0	6	125	20
бар'єрні свердловини у покрівлі пласта l_1	54	38	40	40
бар'єрні свердловини у підшві пласта l_1	66	40	36	40

Висновки. Таким чином, очікуване середнє метановиділення на ділянці (1 південна лава пласта l_1 ц. пох. гор. 1136 м бл. № 4) при навантаженні на лаву 1222 т/добу складає $I = 19,4 \text{ м}^3/\text{хвил.}$

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Руководство по дегазации угольных шахт. – М..1990. – 192с.
2. Андреев М.М., Камышан В.В. Прогноз и управление термодинамическими параметрами угленосного массива.
3. Рководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К.: Основа. 1994. – 311с.
4. Андреев М.М. Формирование техногенной системы аэродинамически связанных трещин породного массива// Разраб. месторожденийполез. ископаемых: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1988. – Вып. 81. – С. 27–36.
5. Ярембаш И.Ф., Андреев М.М. Модель образования свода разгрузки угленосной толщи // Разраб. Месторождений полез. Ископаемых: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1981. – Вып. 60. – С. 74-79.

А.И. Сергиенко, (канд. техн. наук, доцент),

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Д.В. Жук

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЯ ПО ЗОНАМ СИСТЕМ АЭРОДИНАМИЧЕСКИ СВЯЗАННЫХ ТРЕЩИН (САЗТ) НА ПРИМЕРЕ ШАХТЫ «КАПИТАЛЬНАЯ»

Аннотация: Обоснованы параметры дегазации источников метановыделения на выемочном участке. Установлены параметры зон трещиноватости в горном массиве при отработке угольного пласта.

Ключевые слова: дегазация, источники метановыделения, зоны трещиноватости, отработанные угольные пласты.

A. Sergienko, (Cand. tech. Sciences, associate Professor),

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

D. Zhuk

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

THE DISTRIBUTION OF SOURCES OF METHANE RELEASE ZONES SYSTEMS ARE AERODYNAMICALLY CONNECTED FRACTURES (SAST) ON THE EXAMPLE OF THE MINE "CAPITAL"

Annotation: Substantiated the parameters of degassing of the sources of methane release at the excavation site. The parameters of fracture zones in the mountain massif when mining coal seam.

Key words: degassing, sources of methane release, fractured zone, waste coal seams.

УДК 336.201

Ю. Д. Зубенко (канд. екон. наук, доц.),
Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Т. С. Бильмак
Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ОСОБЕННОСТИ МЕНЕДЖМЕНТА НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ ЕГО РАЗВИТИЯ

Аннотация: В статье приведен подробный анализ организации, главных особенностей и недостатков менеджмента налогообложения Украины. Рассмотрены основные функции налогов, определены категории налогоплательщиков и проанализирована организация системы налогообложения в зарубежных странах. Выделены основные тенденции развития налоговой системы и необходимые преобразования в налоговой сфере для повышения ее эффективности.

Ключевые слова: менеджмент, налог, система налогообложение, экономика, бюджет, реформа, налогоплательщик, функции, контроль.

Постановка проблемы. Рациональная организация системы налогообложения – одна из самых важных составляющих управления развитым государством. Система налогообложения Украины очень несовершенна, что создает большое количество трудностей и вопросов. Из-за противоречий налогового законодательства Украины, даже специалисты с большим опытом и налоговые консультанты затрудняются ответить на некоторые вопросы налогообложения без детального изучения законодательной базы и многочисленных разъяснений отдельных вопросов официальными органами, практики налогового арбитража. С принятием Налогового кодекса сложности только увеличились.

В настоящее время система налогообложения работает недостаточно эффективно, например, не полностью выполняется фискальная функция, почти не выполняется стимулирующая, распределительная и социальная функции. Налоговая система не способствует росту благосостояния и снижению социального расслоения населения.

Система налогообложения сложна, запутанна и противоречива. С одной стороны, она позволяет уклоняться от уплаты налогов. С другой стороны, независимо от уплаты или неуплаты налогов налоговая инспекция может привлечь к ответственности любого налогоплательщика, выразив, например, сомнения в действительности счетов-фактур и в законности возмещения НДС или заподозрив его в «недобросовестности» и в получении «необоснованной налоговой выгоды».

Анализ предыдущих исследований. Ни одно государство не может нормально существовать без взимания налогов; с другой стороны, налоги — один из признаков государства. Тесная взаимосвязь и взаимообусловленность обязательных платежей и государства придают налогу комплексное содержание.

Формирование современной системы налогообложения Украины началось на рубеже девяностых годов XX века, поскольку в этот период начался реальный переход от административно-директивной системы управления хозяйством к формированию системы экономических отношений. В основу рыночных преобразований легла глубокая трансформация общества, преобразования отношений собственности и социально-экономической структуры.

Период 1991—1995 годов можно назвать периодом первых шагов на пути становления и развития государственной налоговой службы. В 1996—1997 году начался новый этап развития государственной налоговой службы в Украине. С этого года также предпринята попытка ослабления налогового давления, о чем свидетельствуют Указ Президента Украины от 31.07.1996 № 621/96 «О мерах по реформированию налоговой политики» и постановление Верховной Рады Украины от 04.12.1996 № 561/96-ВР «Об Основных положениях налоговой политики в Украине», согласно которым предполагалось значительное реформирование правовых норм налогообложения. Начиная с 1997 года, налоговая служба занимается поиском наиболее эффективных рычагов, которые должны посодействовать процессу совершенствования работы органов государственной налоговой службы. 1999 год можно считать началом коренных изменений налоговых органов. Так, в июне этого года начался эксперимент по созданию и разработке новых подходов к вопросу принудительного взыскания налоговой задолженности [5].

В условиях устойчивого роста налоговых поступлений в бюджет, наблюдалось в 2000—2008 годах, недостатки системы налогообложения не были особенно ощутимыми для макроэкономической стабильности, поскольку за профицита финансовых ресурсов государство проводило довольно мягкую фискальную политику, не усиливая прямо или косвенно налоговое давление. Более того, благодаря сдерживанию динамики расширения бюджетных расходов в 1998—2004 годах дополнительные финансовые ресурсы были направлены на снижение налоговой нагрузки на экономику. В этот период были снижены ставки налога на прибыль и налога с доходов физических лиц, введена упрощенная система налогообложения, учета и отчетности, расширен перечень налоговых льгот, а твердые ставки налогов практически не индексировались.

Налоговая политика в 2009 году была полностью ориентирована на наполнение государственного бюджета, даже за счет актуализации где стимулирующих последствий для экономики резкое сокращение ВВП, падение товарооборота, ухудшение финансовых результатов деятельности предприятий и снижение доходов населения спровоцировали резкое сужение доходной базы бюджета [7].

Для мобилизации финансовых ресурсов Кабинет Министров использовал ряд противоречивых инструментов, которые позволили увеличить доходы бюджета, однако усилили фискальное давление на экономику, что привело к углублению спада, таким образом, украинская система налогообложения последние годы не только потеряла динамизм качественного развития, но и продуцирует риски для макроэкономической стабильности. Власть почти не уделяла внимания модернизации системы налогообложения, вследствие чего она характеризуется низкой фискальной эффективностью и не является благоприятной для ведения бизнеса. В условиях посткризисного восстановления экономики такая модель налоговой политики является сдерживающим фактором экономического роста. Потребность в коренном реформировании системы налогообложения Украины очевидна [4].

Новый этап реформирования и развития системы налогообложения состоялся в декабре 2010 года с принятием Налогового кодекса Украины. Положительные сдвиги системы налогообложения зафиксированы в кодексе и коррелируют с ключевыми задачами экономической политики, определенными в Послании Президента Украины В. Януковича к украинскому народу и Программе экономических реформ в Украине на 2010—2014 годы [6].

Важным шагом является уменьшение количества общегосударственных и местных налогов и сборов, что в свою очередь снижает налоговое давление на экономику. Вместо 28 общегосударственных и 14 местных обязательных платежей, закрепленных Законом Украины «О системе налогообложения», Налоговый кодекс ввел соответственно 18 и 5 платежей. При этом к 2015 году будет отменен еще один государственный и два местных сборы, таким образом, количество государственных местных платежей составит 18 и 3 соответственно [6].

Сокращение количества государственных налогов и сборов, снижение ставок ключевых налогов является, безусловно, положительным шагом. Одновременно необходимо подчеркнуть, что изъятые платежи не создавали дополнительного давления на экономику, а только перераспределяли средства в поддержку отдельных сфер. Принятие кодекса

позволило создать прогнозируемое и понятное правовое поле. Время законодательные изменения не должны заключаться исключительно в кодификации действующих норм. Налоговая политика требует не только корректировки перечня налогов и их ставок, а реформирование идеологии, приоритетов деятельности и механизмов реализации поставленных целей. Объединение таможенных и налоговых функций в одном министерстве, бесспорно, должно добавить позитива в деле взимания налогов и сборов в государственный бюджет и становление системы налогообложения.

Цель статьи - выполнить анализ особенностей менеджмента налогообложения и основных тенденций его развития, а также предложить методы и мероприятия для повышения эффективности налоговой системы

Основной материал. Невозможно найти ни одного государства без своей системы налогообложения. Налоговая политика — это система мероприятий государства в области налогообложения, которая строится с учетом компромисса интересов государства и налогоплательщиков. Государство, призванное обеспечить наилучшие условия для эффективного экономического роста, нуждается в ресурсах для выполнения этой миссии. Такие ресурсы не могут сформироваться исключительно за счет собственных источников, доходов от государственных предприятий и поэтому для формирования своих денежных доходов необходимо изымать часть доходов частного сектора.

Налоги — это обязательные платежи физических и юридических лиц государству. Уплата налогов является одной из главных обязанностей граждан. Налогообложению подлежат: прибыль, доходы, стоимость определенных товаров, стоимость, добавленная обработкой, имущество; передача собственности (дарение, продажа, наследование), операции с ценными бумагами, отдельные виды деятельности [8].

Налогоплательщиками являются: физические лица – работники, непосредственно своим трудом создающие материальные и нематериальные блага и получающие определенный доход; юридические лица – хозяйствующие субъекты.

Выделяют выделить три системы налогообложения:

- 1) пропорциональный налог – сумма налога пропорциональна доходам работников;
- 2) регрессивный налог – налог тем выше, чем ниже доход;
- 3) прогрессивный налог – налог тем выше, чем выше доход.

Функции налогов [11]:

1) фискальная – обеспечение финансирования государственных расходов на содержание государственного аппарата, обороны страны и той части непроизводственной сферы, которая не имеет достаточных средств, например, фундаментальной науки, многих учебных заведений, библиотек и т.д.;

2) распределительная – перераспределение доходов между разными социальными слоями с целью сглаживания неравенства в обществе;

3) стимулирующая (антиинфляционная) – стимулирование развития научно-технического прогресса, увеличения числа рабочих мест, капитальных вложений в расширение производства путем применения льготного налогообложения;

4) социально-воспитательная – сдерживание потребления вредных для здоровья продуктов путем установления на них повышенных налогов;

5) конкретно-учетная – осуществление учета доходов граждан, предприятий и организаций.

Налоговая система — это совокупность налогов, построенных на основании четко сформулированных принципов, правил и процедур их установления, введения в действие, контроля за своевременностью и полнотой уплаты, а также ответственностью за их неуплату.

Налоги являются специфической формой экономических отношений государства с субъектами хозяйствования, различными группами населения и, фактически, с каждым членом общества. Такие отношения отличаются тем, что государство является в них определяющим действующим лицом, а налогоплательщик - исполнителем требований государства.

Налоги, как и сам механизм налогообложения, строятся на определенном фундаменте правовых отношений. Сами отношения весьма специфичны, стороны не закрепляют их в

форме какого-либо договора, контракта, соглашения. Изъятие налога представляет собой односторонний процесс и носит обязательный и безвозвратный характер для конкретного налогоплательщика, при этом значительная часть уплаченных налогов в той или иной форме косвенно возвращается субъектам хозяйствования и населению в виде субсидий, дотаций, государственных вложений в различные отрасли экономики, либо путём обеспечения функционирования здравоохранения, образования, науки, культуры, выплаты пенсий, стипендий, заработной платы работникам бюджетных организаций, различных форм социальной помощи [9].

Организация налогообложения в зарубежных странах весьма отличается. Например, в Норвегии взимаются два прямых налога: подоходный налог и налог на роскошь. Подоходный налог уплачивается непосредственно в процентах от дохода, а налогом на роскошь облагается ваша собственность, такая как недвижимость, авто, банковские депозиты т.д. Оба налога являются муниципальными. Основной косвенный налог - налог на добавленную стоимость, НДС, которым облагаются торговля и импорт. Под НДС в Норвегии подпадает большинство товаров и услуг, а также все этапы производства.

Уровень налогообложения в Финляндии заметно выше, чем в большинстве других стран. Причем объем налоговых поступлений от населения превышает налоговые выплаты компаний. Налоговые поступления являются основным источником государственных доходов Финляндии и делятся на две категории: налоги на прибыль, доходы и прирост капитальной стоимости, с одной стороны, и налоги на товары и услуги, с другой стороны. В дополнение к налогам на доходы и капитал и НДС, составляющим 77,2% доходов центрального бюджета, центральное правительство получает налоговые поступления еще от 14 различных акцизов.

В Швейцарии налоговая система устроена чрезвычайно сложным образом. Во-первых, потому что налогообложение осуществляется сразу на трех уровнях – федеральном (применяется на всей территории Швейцарии), кантональном (действует на территории конкретного кантона) и муниципальном (ограничено пределами муниципального образования). Во-вторых, потому что разновидностей налогов в этом относительно небольшом государстве огромное множество: помимо «традиционных» налогов, таких как налог на доход, на прирост капитала, НДС, а также нескольких видов налога на имущество, существует и ряд довольно экзотических налогов. К ним можно отнести налог на право не служить в армии, налог на табак, налог на пиво, на автомобили, на казино и т.д [13].

По признаку величины потребностей, подлежащих удовлетворению в результате деятельности государства, различают четыре категории налогоплательщиков [12]:

1) индивидуальное и семейное производство. Работотники этой категории удовлетворяю все или часть своих потребностей своим трудом и натуральным или квизи-натуральным обменом. Поэтому освобождены от всех или от части налогов;

2), 3) работники второй и третьей категории работают в основнм на продажу. Они подлежат налогообложению за использование природных ресурсов, средств производства, технологий и т. д.;

4) работники четвертой категории имеют от производства доходы, значительно превышающие их потребности, идущие на накопление, и поэтому их использование ресурсов должно контролироваться государством.

Налоговая система должна способствовать развитию производства, формированию прогрессивной структуры экономики. Такая налоговая система выполняет свои функции и будет считаться эффективной. Существуют некоторые общие оценки эффективности налоговой системы.

Во-первых, оптимальными могут быть ставки налогообложения в пределах 30-35 и 55%. Превышение этого уровня, как показывает практика, ведет к сокращению налоговых доходов. Во-вторых, доля налоговых доходов не должна быть выше 18% ВНД. Существуют также определенные требования к свойствам выбираемых налогов. Во-первых, налоги должны просто исчисляться и изыматься. (В связи с этим требованием предпочтение может отдаваться косвенным налогам.) Во-вторых, налоговая система должна гибко реагировать на изменение экономических условий, поэтому предпочтительно использовать определенные

ставки налогообложения: а) прогрессивные, поскольку низкие доходы превращаются в расходы, высокие доходы в значительной степени превращаются в накопление, но слабо стимулируют производство и облагать их следует сильнее (позиция неокейнсианства); б) низкие пропорциональные ставки налогообложения, поскольку нельзя облагать способность создавать доход (позиция монетаризма). В-третьих, налоговая система должна способствовать эффективному распределению ресурсов. В-четвертых, для стимулирования развития экономики использовать налоговые льготы. В-пятых, необходимо обеспечить собираемость налогов [10].

Основные тенденции развития налоговой системы:

- общее снижение налогового бремени для товаропроизводителей, в том числе за счет уменьшения ставок по некоторым видам налогов, повышения роли целевых льгот по налогам;
- устранение противоречий в действующем законодательстве, регулирующем налоговые отношения, его упрощение;
- поэтапный перенос налогового бремени с предприятий на ренту от использования природных ресурсов;
- повышение удельного веса прямых налогов при одновременном уменьшении доли косвенных налогов в общем объеме поступлений в бюджетную систему;
- развитие налогового федерализма, учет фискальных интересов регионов и муниципальных образований, повышение доли собственных доходов в доходной части их бюджетов;
- совершенствование и строгое соблюдение организационных принципов построения системы налогообложения, а также принципов налогообложения;
- повышение политической ответственности, которое должно заключаться в проведении такой налоговой политики, которая зависела бы от объективных экономических условий;
- гибкое реагирование системы налогообложения на изменения экономической конъюнктуры;
- усиление налоговой дисциплины и налоговой культуры налогоплательщиков;
- выравнивание условий налогообложения за счет сокращения и упорядочивания налоговых льгот;
- совершенствование системы налогового контроля и ответственности за совершение налоговых правонарушений.

У каждого налогоплательщика и его отношений с государством выделяются два вида систем:

- 1) система формирования прибыли налогоплательщика (на входе - доход, функция налогообложения, на выходе - прибыль и единый доход государства,
- 2) система управления налогообложением (на входе - информация о потребностях государства и доходах налогоплательщиков, функция управления как построение функции налогообложения, на выходе - информация о совокупном доходе государства) [8].

Выводы. Построение четкой системы налогообложения — это одно из главных условий эффективного функционирования экономики и финансов, поскольку через налоги осуществляется тесная связь между государством и субъектами хозяйствования по формированию, распределению и использованию доходов. Итак, подытоживая многовековой опыт развития и становления системы налогообложения можно сделать обобщение, что историческое развитие общества предопределяет развитие систем налогообложения как неотъемлемого и обязательного атрибута государства, благодаря которому она выполняет свои функции. Историческое взаимодействие и противостояние государства и общества в системе налогообложения, экономическое состояние страны вносят коррективы в развитие современных экономических отношений.

В исследовании приведены основные тенденции, особенности и противоречия, которые необходимо учитывать при реформировании системы налогообложения в дальнейшем и на перспективу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Брызгалина А.В. Налоги и налоговое право [Текст]: Учебное пособие – 2-е изд., - М.: 2010. – 307с.
2. Липсиц И.В. Экономика: Учебник для вузов. – М.: Изд-во Омега-Л, 2006. – Гл. 23.
3. Станковская И.К., Стрелец И.А. Экономическая теория: Учебник. – М.: Изд-во Эксмо, 2010. – Гл. 17.
4. Стоимость соблюдения налогового законодательства в Украине // Международная финансовая корпорация, 2009. - С. 15.
5. Закон Украины «О государственном реестре физических лиц-плательщиков налогов и других обязательных платежей» от 22.12.1994 № 320/94-ВР [Электронный ресурс] - Режим доступа. - URL: <http://www.profiwins.com.ua/ru/legislation/laws/1048.html>.
6. Богатое общество, конкурентоспособная экономика, эффективное государство // Программа экономических реформ на 2010-2014 годы, - [Электронный ресурс] - Режим доступа. - URL: http://www.president.gov.ua/docs/Programa_reform_FINAL_1.pdf.
7. Приоритеты реформирования налоговой политики Украины: как перейти от фискализма к стимулированию деловой активности? - М.: НИСИ, 2010.- 80 с.
8. Черник Д.Г. Переход к налоговой системе: в начале пути. // Финансы - 1991 - № 8 - С. 29-164.
9. Шаталов С.Д. К новой системе налогообложения. // Финансы - 1991 - № 12 - С 8.
10. Штундюк В.Д. Формирование единой налоговой системы // Финансы - 1990 - № 4 - С. 38
11. Источник: <http://www.grandars.ru/college/pravovedenie/funkcii-gosudarstva.html>
12. Источник: <http://studlib.com/content/view/2775/40/>
13. Источник: http://www.roche-duffay.ru/articles/swiss_taxation_individuals.html

Ю. Д. Зубенко (канд. екон. наук, доц.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Т. С. Бильмак

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ОСОБЛИВОСТІ МЕНЕДЖМЕНТУ ОПОДАТКУВАННЯ І ТЕНДЕНЦІЇ ЙОГО РОЗВИТКУ

Анотація: У статті наведено докладний аналіз організації, головних особливостей і недоліків менеджменту податковообкладення України. Розглянуто основні функції податків, визначені категорії платників податків і проаналізована організація системи оподаткування в зарубіжних країнах. Виділено основні тенденції розвитку податкової системи і необхідні преобразования в податковій сфері для підвищення її ефективності.

Ключові слова: менеджмент, податок, система оподаткування, економіка, бюджет, реформа, платник податків, функції, контроль.

Y. Zubenko,

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

T. Bilmak

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

FEATURES OF TAXATION MANAGEMENT AND TRENDS IN ITS DEVELOPMENT

Annotation: The article provides a detailed analysis of the organization, the main features and weaknesses of the taxation management of Ukraine. The main functions of taxes are considered, categories of taxpayers are defined and the organization of the taxation system in

foreign countries is analyzed. The main trends in the development of the tax system and the necessary reforms in the tax sphere are highlighted to improve its efficiency.

Key words: *management, tax, taxation system, economy, budget, reform, taxpayer, functions, control.*

УДК 622.014

В. Ю. Медяник (канд. техн. наук, доц.),
ДВНЗ «Національний гірничий університет»

КРЕАТИВНИЙ ПІДХІД ДО ПРОЕКТУВАННЯ НОВИХ ГОРИЗОНТІВ ГАЗОВУГІЛЬНИХ ШАХТ

Анотація: Розглянуті питання проектування нових горизонтів газовугільних шахт. Розібрані колегіальні рішення служб на гірничому виробництві та їх науково-проектних центрів. Переглянуті інженерні й економічні розрахунки, які їх підтверджують.

Запропоновано методику проектування нових горизонтів газовугільних шахт. Обраний подальший напрямок ефективного проектування, гармонійного і безпечного ведення гірничих робіт, яке може забезпечити вихід економічно вигідної вугільної продукції.

Зроблено відповідні висновки та визначені пріоритетні напрями проектних розробок для вугільної промисловості з проектуванням нових горизонтів вугільних шахт, які забезпечать стабільну роботу паливно-енергетичного, металургійного та хімічного комплексу, а населення країни електрою та теплом.

Ключові слова: *вугільна шахта, пласт, горизонт, проектування, інжиніринг, стратегія, газ метан, планування, підземна розробка, ефективність*

Постановка проблеми. Згідно стану на 2017 рік тенденція споживання вугілля в світі до 2050 р в світлі Паризької угоди по «Глобальному Клімату СО-21» є дійсною світлою теплоенергетики планети Землі [1]. Так з аналітичними прогнозами світовий видобуток вугілля до 2050 складе більше 9 млрд т, а це плюс 17% в порівнянні з 2015 р - 7,68 млрд т.

Пролонгована реструктуризація обумовлена розвитком теплоенергетичного сектору країн світу, в концепції поліпшення екологічних проблем, пов'язаних з видобутком вугілля. Плани Європейського Союзу є Ера до 2025 року викопного палива і великої централізованої генерації, яка закінчується, і її на зміну приходять генерація на відновлювальні джерела енергії та децентралізація генерації. Але вугілля - основний матеріал для виробництва 70% всіх металів. З вугілля виробляється 41% світової електроенергії, вугілля використовується у виробництві 90% цементу. В електроенергетичному балансі теплові вугільні станції залишаються головним об'єктами, які здатні покривати пікові навантаження споживання електроенергії. Теплова ж генерація – це найбільш мобільний вид генерації, якою можливо маневрувати в залежності від потреб або збільшувати, або зменшувати резерв використання. Завдяки цьому енергосистема не відчуває перенавантажень і дефіциту електрики в пікові години: споживання в жару чи морози, вранці і ввечері тощо [2,3]. І зараз просто відмовитися від вугілля і газу за один день просто неможливо, це призведе до енергетичного колапсу у державі.

За весь час існування вугільної промисловості, періодів підйому та спаду, інтенсифікації і рецесії вуглевидобутку, війни й політичного хаосу, вугільна галузь була і є хребтом-стержнем економіки України. У зв'язку з тим, що запаси нафти і газу нашої країни незначні і недостатньо розвідані, вугілля залишається одним з основних видів технологічного та енергетичного палива. Вугілля використовується як основний енергоносіє, посідаючи третю позицію за обсягами використання після нафти і природного газу.

Аналіз попередніх досліджень. По оцінках багатьох шановних спеціалістів і експертів [1-11 та ін] запасів вугілля в Україні хватить на 400 років, але цей ресурс не є поновлюємим, а його видобуток і використання шкодять навколишньому середовищу. І ще раз повторюю що

зараз просто відмовитися від вугілля і газу за один день просто неможливо, це призведе до енергетичного колапсу у державі.

Останнім часом виходячи з ситуації, яка складається з кінця 2014 року та міжнародних умов світової політики всесвітнього ринку газу і вугілля необхідно складати умови прогнозу використання цих ресурсів в державі. Де чітко визначити обсяги економічно доцільної конкурентно-спроможної газовугільної продукції, як на свої нужди, так і до експорту в інші країни світу. А це і енергобезпека і енергонезалежність нашої країни.

Для своєчасного поновлення шахтного фонду необхідне планування нових комплексно-промислових об'єктів ХХІ-го сторіччя та введ їх потужностей, котрі і надалі будуть забезпечувати тисячі робочих місць на десятиріччя [4]. З повнотою вилучення розкритих запасів з веденням гармонійного проектування-планування і відпрацювання пластів до потужності 0,4-0,5 м застосовуючи прогресивну інноваційну техніку та технології ХХІ-го сторіччя ми забезпечуємо себе майбутнє, підтримуючи прилеглі до підприємств шахтарських містечках і забезпечуємо соціально-побутові умови в цих регіонах.

Вугільна промисловість, будучи однією з найважливіших галузей економіки та паливно-енергетичного комплексу, разом з тим залишається збитковою і вимагає вкладення великих фінансових засобів для її розвитку.

Людству неминуче доведеться вкладати кошти на розробку програм по зниженню забруднення навколишнього середовища через добування і виробництва вугілля. У зв'язку з цим, розвиток вугільної промисловості візьме світові масштаби. Безсумнівно також зростуть і ціни на вугілля, а отже його виробництво стане рентабельним.

Теплова електрогенерація становить майже 72% в енергетичному балансі генеруючих потужностей, і вугілля займає 33% в підсумковому міксі виробництва електроенергії. [11] Крім забезпечення налагоджувані десятиріччями промислової маневреності є її незамінність для енергетичної безпеки України.

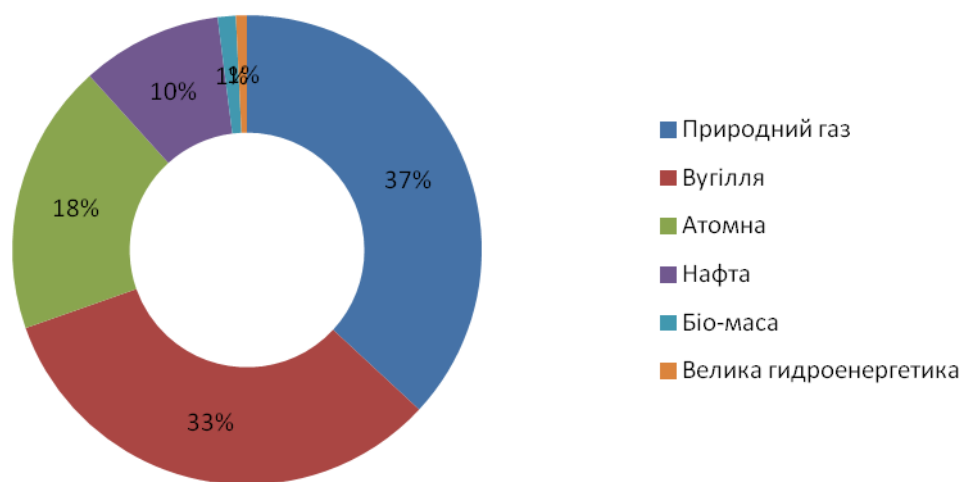


Рисунок 1 – Виробництво електроенергії в Україні до 2014 року [Джерело Baker Tilly Ukraine: Отраслевой обзор «Уголь Украины» World Coal Association: Coal Facts 2012 BP: Statistical Review of World Energy 2012]

Якщо детально проаналізувати фактори споживання українського вугілля, на відміну від імпоротної атомної сировини, яке дає роботу українському населенню в галузі вугільного сектору і теплової генерації, де задіяне в сукупності понад 180000 українців. Робочі місця в Україні з достойною заробітною платнею і повним соціальним пакетом для розвитку країни дуже важливо. І ще, наприклад, у 2015 р надходження в економіку України від теплової генерації і вугільників склали 15,4 млрд гривень: з них 5,9 млрд грн – у вигляді зарплат співробітникам і 8,5 млрд грн – у вигляді податків. Для порівняння, атомна генерація забезпечує роботою 34 тис. фахівців, а надходження в економіку України від АЕС склало 9,4 млрд грн. Атомну сировину доводиться купувати за валюту, та більше важливе питання виникає потім, куди утілізувати радіоактивні речовини відходів атомних станцій. Може одне з вірних напрямів державної політики повинно бути просто навіть не заважати, а

підтримувати діючі потужності вугільного сектору, навіть частого. Можливості балансування сьогодні вітрогенерації вкрай обмежені, так як в Україні немає такого досконалого метеорологічного обладнання, яке могло б спрогнозувати точні коливання вітру протягом доби. Але річні і місячні прогнози вітроенергетики роблять самостійно і з великою точністю. У найближчі двадцять років ключовим для енергонезалежності України буде вугілля.

За останні десятиліття в гірничій науці і гірничодобувній промисловості, а також в теорії і практиці планування відбулися серйозні зміни. Різко зросли обсяги гірничих робіт і масштаби гірничих підприємств. Змінилися техніка, технологія і організація розробки. Створена ціла мережа проектних організацій, які накопичили великий досвід проектування. Розроблено нові методи вирішення завдань щодо оптимізації технологічних параметрів із застосуванням останніх досягнень математики, техніки та економічної науки. [6, 7, 8]

Для рудників і шахт розроблені прогресивні норми технологічного проектування, створені типові методичні вказівки щодо раціонального використання надр. [3]

У зв'язку з постійним зростанням масштабів гірничих робіт і виробничої потужності гірничих підприємств, а також у зв'язку з постійним ускладненням умов розробки, точне визначення параметрів шахт і вибір технології підземної розробки родовищ стає однією з найважливіших проблем гірничої науки і практики.

Проектування гірничих підприємств в сучасних умовах дуже актуальне і націлене на радикальне поліпшення використання природних ресурсів, сировини, матеріалів, палива і енергії на всіх стадіях – від розвідки і видобутку корисних копалин, і їх комплексної переробки до випуску і використання кінцевої продукції. Необхідно прискорити темпи зниження матеріаломісткості, металоємності і енергоємності національного доходу. Ресурсозбереження повинне стати вирішальним джерелом задоволення приросту потреб народного господарства в паливі, енергії, сировині і матеріалах. Тому перед гірничодобувною промисловістю на повний зріст постають проблеми більш повного і комплексного використання всіх корисних копалин, відходів збагачення і води, а також зменшення землеємності та рекультивації земель.

Потужності всіх гірничих підприємств зростають, але кількість вугільних шахт скорочується. У міру зростання потужностей збільшується ступінь відповідальності за правильність проектних рішень, тому що при великій виробничій потужності гірничого підприємства навіть мала помилка може призвести до великого економічного збитку. Оптимізація параметрів гірничих підприємств і технології гірничих робіт з урахуванням умов газовугільних родовищ ускладнюється через складність гірничо-геологічних умов і ряду інших причин.

Зрозуміло, якісні параметри шахти покликані забезпечити ті чи інші кількісні параметри, які, в свою чергу, вимагають відповідних конструктивних і просторових властивостей параметрів якісних. З цього випливає, що зміна або заміна будь-якого якісного або кількісного параметра в тій чи іншій мірі позначиться на безпосередньо взаємопов'язаних з ним інших технологічних параметрах шахти. Це вплив може поширитися на велику частину параметрів шахти і охопити основні елементи технології.

Економічні показники шахти, що залежать прямо або опосередковано в більшій чи меншій мірі від всіх якісних і кількісних параметрів, є одночасно засобом оцінки ефективності зроблених змін параметрів шахти.

Візьмемо, наприклад, випадок впровадження механізованого очисного комплексу при використанні суцільний системи розробки. Володіючи високою продуктивністю, очисний комплекс забезпечить більшу швидкість посування очисного вибою.

Виникає необхідність в значному випередженні проведення підготовчих виробок, а в кращому випадку – в переході до стовпової системи розробки. Це призводить до збільшення швидкості проведення підготовчих гірничих виробок, причому змінюються умови і витрати на їх підтримку. З точки зору ефективності використання дорогого комплексу необхідно враховувати відпрацьовуються їм запаси, тобто збільшити до 1000 - 1500 м і більше розміри виїмкових стовпів і, можливо, довжину лави. Одночасно зростання навантаження на очисний вибій вимагатиме збільшення пропускної спроможності транспортних і вентиляційних

гірничих виробок, що можливо при заміні транспортних засобів і збільшення поперечних перерізів гірничих виробок. Буде потрібно збільшити кількість повітря, що подається в очисні і підготовчі вибої, тобто збільшити перетину загально-шахтних вентиляційних виробок і, можливо, модернізувати або замінити вентиляторну установку.

Подібний взаємозв'язок якісних і кількісних параметрів шахти, її технологічних ланок і схемних рішень можна уявити не тільки в технічному і технологічному плані, але і в економічному. Економічні переваги одного рішення одночасно можуть привести не тільки до переваг, але і недоліків за іншими рішеннями. При цьому технологічні або економічні переваги і недоліки проявляються в різний час. У зв'язку з цим їх оцінка для будь-якого мінливого параметра поза зв'язком з іншими параметрами виявляється необ'єктивною і неточною. Виходячи з взаємозумовленості проектних рішень, проектування шахти розглядають як єдиний процес виконання всіх розділів і завдань проекту, який базується на комплексному методі одночасного врахування взаємних умов застосування і вимог окремих параметрів один до одного. Сучасне проектування використовує для обґрунтування параметрів шахт метод комплексної оптимізації прийнятих рішень на базі математичних моделей шахти в цілому з застосуванням сучасного комп'ютерного обладнання.

Використання методу комплексної оптимізації проектних рішень уможливорює спільну оптимізацію параметрів вугільної шахти (потужність, термін служби, розміри шахтного поля), схем розкриття, способів підготовки, систем розробки, схем провітрювання і транспорту з одночасним визначенням раціональних перетинів мережі гірничих виробок, засобів механізації тощо. Одночасне дослідження впливу будь-якого з проектних рішень, рівня і значення будь-якого параметра шахти і окремих елементів технологічної схеми на узагальнюючий показник ефективності дає підставу для знаходження і вибору найбільш економічних і технічно доцільних. Разом з тим комплексна оптимізація параметрів шахти перетворюється в складну і в логічному, і в математичному сенсі завдання, особливо якщо виходити з уявлення про шахту як про об'єкт, який розвивається. Напевне, при різних параметрах шахти і елементах її технологічних схем форми узгодження рішень на сусідніх етапах не будуть однаковими. Оптимізація етапів і визначення оптимального шляху розвитку шахти при всіх можливих кількісних та якісних параметрах не реальні через величезного масштабу моделі, недостатньої точності вихідної інформації на віддалених етапах і т.д. Можна визначити найкращий порядок розвитку шахти, еволюцію її якісних параметрів при певних оптимальних кількісних параметрах. Однак саме визначення оптимальних кількісних параметрів шахти і елементів технологічних схем можливо лише тільки після визначення якісних параметрів і, зокрема, оптимального шляху розвитку шахти. Логічна послідовність, що дозволяє спростити і зробити реально прийнятною процедуру оптимізації-гармонізації при поетапному проектуванні, виливається в метод послідовної оптимізації. Необхідність застосування цього методу викликана, крім логічних, труднощами обчислення алгоритму [5].

Таким чином, важке завдання оптимізації моделі поетапного проектування в цілому стає розв'язуваною при розчленуванні її на дві пов'язані послідовні частини. Першу частину завдання виконують з переважним застосуванням логічних методів обґрунтування, інженерним аналізом значного числа конкуруючих комбінацій параметрів, при її вирішенні потрібна велика участь людини в підготовці вихідних даних, в самих розрахунках. Друга частина завдання характеризується переважним використанням чисельних методів і при її вирішенні необхідно використання досить потужної обчислювальної машини, причому участь людини в розрахунках незначна. Послідовний пошук і вибір якісних і кількісних параметрів не скасовують комплексного підходу до їх обґрунтування, а взаємозв'язок між ними враховують на обох стадіях вирішення завдання в цілому.

У зарубіжній (зокрема, американської) практиці реалізують поетапний підхід до проектування гірничих підприємств з послідовним переходом від укрупнених проектів до детального опрацювання. Після кожного етапу оцінюють очікувану ефективність реалізації проекту, що дає можливість інвестору приймати рішення про доцільність або недоцільно подальшого здійснення проекту.

Ми пропонуємо також розглянути методологію багаторівневого проектування гарвардської школи бізнесу Роберта Сімонса [10], яка охоплює як формальні аспекти

організації проектування і створення контурів управління систем діагностичного контролю на основі концепції збалансованого управління контролю, так і спробу спроектувати і впливати на ключові механізми і неформальні аспекти діяльності людей в організації та системи їх неформальних зв'язків і системи цінності, що рухає людьми до істотних мотивацій, які керують людьми.

Мета статті. Одна з головних завдань роботи полягає в тому, щоб спонукати фахівців до сучасних методів оптимізації-гармонізації при вирішенні конкретних завдань, на основі засвоєння головних принципів роботи гірничодобувних підприємств і навчитися уникати можливих помилок проектування.

Головною метою проектування вугледобувних підприємств є забезпечення з мінімально можливими капітальними і експлуатаційними витратами необхідної для народного господарства приросту видобутку корисних копалин. Це зазвичай здійснюється як за рахунок освоєння і введення в експлуатацію нових родовищ, а також за рахунок перепроєктування та реконструкції, розширення, технічного переозброєння діючих підприємств. Відомо, що приріст потужностей на діючих підприємствах за рахунок їх реконструкції обходиться значно дешевше. Тому оптимізація параметрів діючих шахт і перепроєктування є актуальним завданням.

Для того щоб почати будівництво, розширення, реконструкцію або технічне переоснащення гірничого підприємства, вести ті чи інші гірничо-капітальні, будівельні і монтажні роботи, необхідно розробити відповідний проект з вирішенням комплексу складних інженерних завдань та прийняти колегіальні рішення. Проект підземної споруди і його будівництва являє собою складну багатопрофільну систему.

Кожному періоду цивілізації відповідає певний рівень проектування, а отже і рівень науково-технічного прогресу. Якщо наукові дослідження є теоретичною базою технічного прогресу, то проектування і конструювання - це інтегратор науки і передового досвіду у виробництві. Проектування - це двигун науково-технічного прогресу. [6].

Проектування шахт по суті концепція минулого ХХ століття, і мало які зміни у своїй методології внесла в ХХІ.

За своєю об'єктивною природою і цілям реалізації великі проекти стають не досягаєми базисними ланками структурних радикальних перебудов господарства країни, які необхідні для його довгострокового ефективного розвитку [7].

До об'єктивних особливостей великого проекту гірничого підприємства відносять:

- велику потребу в грошових і матеріальних ресурсах, тривалі терміни реалізації проекту;
- складність у здійсненні надійної оцінки кінцевої ефективності (особливо економічної) проекту з позицій найближчого короткострокового періоду і необхідність розрахунків ефекту з позицій довготривалої перспективи;
- спадну по рокам надійність прогнозування майбутніх економічних характеристик об'єкта та високий ступінь ризику;
- особливу роль і великі масштаби ефектів і збитків соціального та екологічного характеру, які можуть виникнути в перспективі;
- підвищену залежність економічних характеристик проекту від умов зовнішнього середовища, тобто від прогнозованих потреб у продукції її збуту, динаміки ринкових цін, екологічних та інших обмежень.

Викладення основного матеріалу дослідження. Проектування гірничих підприємств й підземних споруд є процес переробки інформації, що зводиться до виконання комплексу інформаційно-взаємопов'язаних процедур, які забезпечують прийняття, відповідно до поставленої мети, відповідних проектних рішень та випуск проектної документації в заданому обсязі і формі. Ухвалення рішення в загальному випадку полягає у виборі його з безлічі можливих варіантів за деякими критеріальними показниками. Це найбільш відповідальний етап проектування, від якого вирішальним чином залежить технічний рівень і якість проекту.

Тому рішення задач проектування шахт завжди пов'язане з проблемою оптимізації-гармонізації, тобто з пошуком найкращих в тому чи іншому сенсі проектних рішень,

вибором однієї з конкуруючих альтернативних технологічних схем, одного з значень параметрів, варіантів перспективного розвитку.

Таким чином, прийняття проектних рішень здійснюють на різних ієрархічних рівнях, воно вимагає спільного розгляду та врахування впливу численних природних, економічних, соціальних, технічних, технологічних та інших факторів не тільки на окремі ланки гірничого виробництва, але і на підприємство в цілому, а також на елементи інфраструктури, галузі промисловості, навколишнє природне середовище. Найбільш універсальними інструментами прийняття проектних рішень є математичне моделювання (див. рис.2).



Рисунок 2 – Запропонована методика проектування на нових горизонтах газовугільних шахт

Неважко встановити взаємообумовленість схем розкриття шахтного поля і вентиляції, схем підготовки і транспорту, системи розробки та способів охорони і підтримки гірничих виробок, способів розкриття шахтного поля і видів підйому і т.д. Настільки ж очевидні взаємозв'язки кількісних параметрів: потужності шахти з числом очисних вибоїв і навантаженням на один вибій, швидкості проведення гірничих виробок зі швидкістю посування очисних вибоїв, поперечних перерізів гірничих виробок з навантаженням на очисний вибій, кількості повітря, що подається в шахту та параметри вентиляційних устаткування, з продуктивністю шахти, розмірів виїмкових дільниць з продуктивністю і надійністю технічних засобів та тощо.

Результати та їх обговорення. Підземні способи видобутку, характеризуються складними комбінаціями рішення, суперечливі мети і взаємодії між нормативною базою і виконанням плану, з обмеженням, виходячи з природних гірничо-геологічних умов розробки родовища без порушень ПБ. Ми просто повинні навчитися робити це більш гармонійно, ефективно і безпечно. У міру збільшення складності ситуації, пошук найкращого рішення стає скрутним, а зі збільшенням числа врахованих чинників – просто неможливим. У цих випадках необхідно щоб рішення приймалися на основі наукових методів і науково обґрунтованих до застосування в конкретних гірничо-геологічних і гірничотехнічних

умовах. Автор має думку висвітлити концептуальний підхід до прийняття рішень при проектуванні реконструкції діючої шахти.

А. Гірничо-геологічні дослідження.

А1. Оцінка сировинної бази, що передбачає підтвердження балансових запасів і визначення реальних промислових запасів, придатних для добування.

А2. Оцінка характеристик сировинної бази - якості вугілля і його споживчих властивостей.

А3. Оцінка гірничо-геологічних умов відпрацьовування промислових запасів.

Результатом гірничо-геологічних досліджень повинен бути відбір можливих об'єктів реконструкції шахт, що мають реальні промислові запаси вугілля не менш чим на 12-15 років експлуатації, що володіє високими споживчими властивостями й сприятливими умовами відпрацьовування.

Особливе місце повинне бути відведене оцінкам можливостей комплексного використання надр, реалізації попутної продукції й переробки відходів виробництва.

Б. Маркетингові дослідження.

Головна мета даних досліджень складається у встановленні потенційних розмірів ринку збуту основної й попутної продукції кожної розглянутої шахти й перспективного попиту, умов конкуренції.

Суть центральної ідеї маркетингу полягає в тому, що ринок має різні, досить відособлені сегменти, кожний з яких пред'являє свої специфічні вимоги до продукції.

В. Техніко-технологічні дослідження.

В1. Аналіз наявного виробничого потенціалу діючої шахти передбачає одержання й об'єктивну оцінку інформації про його стан і можливості використання для реалізації проекту реконструкції.

Оцінка здійснюється по всіх основних елементах технологічної схеми шахти (ТСШ):

- спосіб і схема розкриття шахтного поля;
- спосіб і схема підготовки шахтного поля;
- система розробки;
- спосіб і схема провітрювання шахти й ділянки;
- схема основного й допоміжного транспорту;
- види й типи засобів механізації на основному й допоміжному технологічному процесах: очисні роботи, підготовчі роботи, підземний транспорт, підйом, водовідведення і откачка води, дегазація, кондиціонування й ін.

Метою таких досліджень є:

- по-перше, виявлення вузьких місць у ТСШ
- по-друге, оцінка можливості впровадження прогресивної й технології і її високоефективного використання в умовах розглянутої шахти.

В2. Економічний аналіз результатів діяльності підприємства.

Всебічні й багатоаспектні дослідження шахтного фонду повинні забезпечити об'єктивний відбір таких потенційних об'єктів реконструкції, які не тільки мають достатні запаси високоякісних конкурентоспроможних вугілля, сприятливими умовами їхнього відпрацьовування, досить високим виробничим потенціалом, але й найбільшою мірою сприйнятливі до інвестування засобів у ході реконструкції.

У якості основних керованих параметрів повинні розглядатися: щорічний видобуток товарного вугілля, приріст підготовлених запасів, продуктивність праці працюючого, питомі обсяги проведення й підтримки гірничих виробок, балансова й залишкова вартість основних фондів. У якості головних керуючих впливів, за допомогою яких здійснювалося регулювання зазначених вище показників, варто прийняти щорічні розміри капітальних вкладень (з різних джерел фінансування), а також рівень дотації на 1 т товарного вугілля.

Складовою частиною економічного аналізу діючого гірничого виробництва є встановлення статистичних залежностей основних показників діяльності шахти від факторів, що впливають.

Головним підсумком техніко-економічних досліджень на етапі В є відбір найбільш перспективних шахт як об'єктів реконструкції.

Г. Обґрунтування напрямків і оцінка ефективності реконструкції шахт

Реконструкція (технологічне переозброєння) шахти може переслідувати одну або кілька напрямків: збільшення потужності (обсягу видобутку), підвищення якості продукції, поліпшення ТЕП, підвищення комплексності використання попутних корисних копалин, поліпшення умов праці й техніки безпеки та охороною навколишнього середовища.

У кожному разі реконструкція шахти повинна бути прибутковою, забезпечуючи окупність вкладених коштів у прийнятні для інвестора строки. Для цього виконуються добові, тижневі, місячні, квартальні «Програми» зі застосуванням ЕВМ під Office 2010 в програмі Excel, див. рис. 3., яка автоматично підводить підсумок. Ці програми регламентуються «Правилами безпеки», «Правилами технічної експлуатації», «Методикам, кодексам, процедурам, з проектування та планування гірничих робіт на вугільних підприємствах» [5], згідно бізнес плану інвестора.

<

Рисунок 3 – Скріншот «Програми» зі застосуванням ЕОМ під Office 2010 в програмі Excel

Висновки. Проблема забезпечення нашої країни енергоресурсами може вирішуватися шляхом подальшого відпрацювання вже розкритих і підготовлених пластів газувугільних шахт України, які і далі забезпечать теплом і електроенергією домівки населення країни.

Подальша розробка вугільних пластів теж вимагає грамотного підходу до проектування і планування гірничих робіт на нових горизонтах. Світовою спільнотою диктуються умови екологічних та раціональних основ розробки природних ресурсів на рубежі 2020. Нові інженерні рішення, останні досягнення науки і техніки, аналіз виробничого досвіду, створюють нам добру основу для створення прототипів-прообразів об'єктів гірничого виробництва. Це дозволить змодельовати дорогі елементи і нові системи розробки вже діючих газувугільних шахт. Аналітичні інженерні розрахунки й рішення дозволяють оцінити реальні запаси вугілля і газу, так необхідні для своєї країни. Адже раніше при постановці на баланс вугільної шахти запасів природних ресурсів ніколи не враховувалася ні геомеханіка пластів та порушеність масивів гірських порід, комплексність розробки вугілля та інших супутніх корисних копалин, в тому числі і газу метану, де можливо обґрунтувати проект розробки родовища, а потім їх відпрацювати технічно, екологічно і економічно доцільно.

За результатами відвідування декількох підприємств України стали цікаві питання проектування нових горизонтів газувугільних шахт. А саме, як комплексно дивитися на всі проекти розкриття та підготовки нових виїмкових полів для повноти виймання корисних копалин, як розкрити, як і де, в яких зонах розташувати й провести капітальні виробки нових

горизонтів, притому, з варіантами їх найменших витрат по проведенню, водовідливу, підтримці, транспорту, дегазації та вентиляції. Проектувальники повинні навчитися не шаблонно мислити, застосовуючи численні методи варіантів, але й не зариватися «в глибину і гущу», маючи, тонку грань варіантів підготовки нових виїмкових полів. Наприклад, при проектуванні відпрацювання запасів вугілля довгими забоями за підняттям з прямоточним провітрюванням, за класикою необхідно: дві капітальні виробки вгорі горизонту, і дві внизу. При комплексному підході вже на стадії ідейного мозкового штурму, у головного маркшейдера і головного технолога виникають суперечності щодо повноти виїмки корисних копалин, розкредитую по простяганню або повстанню, з формуванням топологічних мереж гірничих виробок, до того ж в конкретних гірничо-геологічних умовах з великою кількістю геологічних порушень. Тут же і проектується допоміжні вентиляційні, транспортні, дренажні виробки по найкоротшій відстані до точки найближчої капітальної виробки з відповідним призначенням. Дуже важливе значення в проектуванні «інжиніринг Майнінг» має закладення виробок та їх відносних відміток, щоб визначити яким перерізом, під яким ухилом від них будуть вони проводитися для якісного водовідведення, розподілу руху повітря, витрати повітря, депресії і режиму роботи вентиляторів, доставки людей і матеріалів, відкатки вантажів, скорочення транспортного ланцюжка та інше. Як правильно розташувати гірничі виробки та освоїти грошові вливання інвестора, шляхом перерозподілу витрат в часі і просторі. Рациональні варіанти подальшого ведення гірничих робіт приймаються колегіально відділами безпеки й охорони праці, головного інженера, головного геолога, головного технолога, головного маркшейдера, начальника внутрішньо шахтного і конвеєрного транспорту, головного енергетика, головного економіста, головного еколога, представників генеральної дирекції та інвесторів, а також інших фахівців-проектувальників. Тут чіткою червоною лінією простежуються рішення господарника по скороченню витрат і зниження собівартості видобутку корисних копалин на всіх стадіях і етапах проектування та роботи шахти, а хто не розробляє свого «Проекту», обов'язково стає частиною чужого, і терпить економічне та соціальне фіаско [9].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Півняк Г.Г. Тенденції споживання вугілля в світі до 2050 р в світлі Паризької угоди по «Глобальному клімату СО-21» // Г.Г. Півняк, В.І. Бондаренко, Ю.Я. Чередниченко. Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Школа підземної розробки», Дніпропетро-Бердянськ. 2016, –С. 11-13.
2. Традиційні та нетрадиційні системи енергозабезпечення урбанізованих та промислових територій України: Монографія /моногр. за заг.ред. Г.Г. Півняка. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 334 с.
3. Медяник, В.Ю (2015) Про необхідність нової наукової концепції проектування вугільних шахт / Геотехнічна механіка Геотехническая механика Geo-Technical Mechanics: Міжвід. зб.наук. праць // НАН України Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Вип. 123. – С.107–115.
4. Медяник, В.Ю. (2015) Комплексний видобуток і використання корисних копалин / В.Ю. Медяник, М.В. Нетеча, Ю.І. Демченко // Розробка родовищ: Зб. наук. пр. - 2015. – Т. 9. – С. 93-100.
5. Медяник, В.Ю (2016) Наукові основи просторово-планувальних рішень при проектуванні і відпрацюванні газовугільних родовищ підземним способом / Мат. X Міжнародної науково-практичної конференції "Школа підземної розробки" –С. 113-114. Бердянськ, 2016.
6. Пінковський, Г.С. Організація і технологія проектування шахт: Моногр./Г.С.Пінковський. –Д.: Національний гірничий університет, 2013. –600 с.
7. Малкин, А.С., Проектирование шахт: Уч. для вузов под общ.редакц. Пучкова Л.А.. / А.С Малкин, Л.А. Пучков, А.Г. Саламатин, В.М. Еремеев, 4-е изд. Доп и перер. – М. Издательство Академии горных наук, 2000. – 375 с.: ил.

8. Проектирование технологических систем шахт: учебное пособие / С.С. Гребенкин, В.В. Мельник, В.И. Бондаренко и др: под общей редакцией С.С. Гребенкин, В.В. Мельник и В.И. Бондаренко – Донецк: ВИК, 2014. – 511 с.

9. Интернет Ресурс: Статьи Переслегина в русском журнале <http://future-designing.org/stativrusskomzhurnale20062010/proektirovaniebudushchegokakresursdlyanastoyashchego.html> © Санкт-Петербургская региональная общественная организация работников науки и культуры «Энциклопедия».

10. Интернет Ресурс: Методология многоуровневого проектирования Симонса <https://www.youtube.com/watch?v=Gdjxae49W8I>

11. Интернет Ресурс: <http://businessviews.com.ua/ru/economy/id/chomu-bidni-bo-durni-kratkij-analiz-faktorov-vlijajuschih-na-blagosostojanie-naselenija-890/>

В. Ю. Медяник (канд. техн. наук, доц.),
ГВУЗ «Национальный горный университет»

КРЕАТИВНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ НОВЫХ ГОРИЗОНТОВ ГАЗОВУГОЛЬНЫХ ШАХТ

Аннотация: Рассмотрены вопросы проектирования новых горизонтов газоугольной шахт. Разобраны коллегиальные решения служб на горном производстве и их научно-проектных центров. Пересмотрены инженерные и экономические расчеты, которые их подтверждают.

Предложена методика проектирования новых горизонтов газоугольной шахт. Рекомендовано дальнейшее направление эффективного проектирования, гармоничного и безопасного ведения горных работ, которое может обеспечить выход экономически выгодной угольной продукции.

Сделаны соответствующие выводы и определены приоритетные направления проектных разработок для угольной промышленности с проектированием новых горизонтов газоугольных шахт, которые обеспечат стабильную работу топливно-энергетического, металлургического и химического комплекса, а население страны электричеством и теплом.

Ключевые слова: угольная шахта, пласт, горизонт, проектирование, инжиниринг, стратегия, газ метан, планирование, подземная разработка, эффективность

V. Medyanyk (Ph.D. (Tech.), Associate Professor)
National Mining University

CREATIVE APPROACH TO DESIGNING NEW HORIZONS OF GAS-COAL MINES

Annotation: The questions of design of new horizons of gas-coal mines are considered. The collegial decisions of the services in the mining industry and their research and design centers were disassembled. Engineering and economic calculations are reviewed, which confirm them.

A methodology for designing new horizons for gas-coal mines has been proposed. The selected further direction of effective design, harmonious and safe mining, which can provide the output of economically profitable coal products.

Appropriate conclusions have been drawn and priority directions of design developments for the coal industry have been identified with the design of new coal mine horizons that will ensure the stable operation of the fuel and energy, metallurgical and chemical complex, and the population of the country with electricity and heat.

Key words: coal mines, horizon, design, engineering, strategy, gas methane, planning, underground development, efficiency

КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ЯК УМОВА ЗБАЛАНСОВАНОГО СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ КРАЇНИ

Анотація: В статті аналізується місце України серед інноваційних країн світу на основі даних досліджень *Global Innovation Index* та рейтингу *Bloomberg*. Показано, що для перетворення науково-технічних досягнень в конкурентний науково-технічний продукт потрібен розвиток всієї інфраструктури ринку інтелектуальної власності, завершення формування національної інноваційної системи (НІС).

Ключові слова: *Global Innovation Index, рейтинг Bloomberg, офіс трансферу технологій, інтелектуальна власність, Всесвітня організація інтелектуальної власності.*

Постановка проблеми. Враховуючи умови зростання глобальної конкуренції країн в світі та потреби України в модернізації економіки, слід визнати, що ключовим чинником досягнення збалансованого соціально-економічного зростання нашої країни є масштабність, стійкість і динамізм інноваційного розвитку.

Життєздатність нашої країни великою мірою залежить від науково-технічного прогресу (НТП) і рівня інтелектуалізації базових чинників виробництва. Проте, поки в Україні використовується не більше 10% інноваційних проєктів і ідей, тоді як в США цей показник перевищує 50%, в Японії - 90%. Доля ж України у світовій торгівлі цивільною наукомісткою продукцією останніми роками не перевищувала 0,1%, що приблизно в 100 разів менше рівня вказаних розвинених країн [3, с. 30-34].

На всіх рівнях приходить розуміння того, що першоосновою економічного і культурного розвитку суспільства є результати інтелектуальної діяльності людини – науково-технічної та художньої творчості, тому стратегічним завданням держави має стати забезпечення сприятливих умов для розвитку творчого та наукового потенціалу нації.

Метою статті є аналіз місця України серед інноваційних країн світу на основі даних досліджень *Global Innovation Index* та рейтинг *Bloomberg*,

Основою вітчизняної та міжнародної системи інтелектуальної власності є численні нормативні акти та угоди, які регулюють правовідносини у сфері промислової власності та авторського права і суміжних прав.

Адмініструє ці договори Всесвітня організація інтелектуальної власності (ВОІВ), яка була заснована у 1967 р на Дипломатичній конференції у Стокгольмі. У 1974 р. ВОІВ отримала статус однієї з 16-ти спеціалізованих організацій ООН.

Головними завданнями ВОІВ є:

- ✓ поліпшення взаєморозуміння і розвиток співробітництва між державами в інтересах їх взаємної користі на основі поваги до їх суверенітету і рівності;
- ✓ заохочення творчої діяльності, сприяння охороні інтелектуальної власності в усьому світі;
- ✓ модернізація та підвищення ефективності адміністративної діяльності міжнародних угод, що створені у сфері охорони промислової власності, а також охорона літературних і художніх творів.

Всесвітня організація інтелектуальної власності при ООН, Університет Корнелла, університет економіки INSEAD щорічно проводять дослідження *Global Innovation Index* та публікують рейтинг країн лідерів та аутсайдерів за кількома показниками. Рейтинг складається за рівнем інвестицій в дослідження і науково-технічні розробки, впровадження інноваційних ідей у виробництво, витрат країн на освіту і розвиток інфраструктури [4].

Україна є членом ВОІВ, тому також є об'єктом дослідження *Global Innovation Index*.

Отже, в 2016 році Україна серед 128 країн зайняла 56 місце, що на вісім позицій вище за попередній 2015 рік (64 місце), у 2014 році була на 63 місці, в 2013 році – на 71, в 2012 році – 71-му місці, в 2011 році – 63-тє місце [4].

Так, в 2016 році Україна розташувалася між Монголією і Бахрейном, які займають відповідно 55 і 57 місця. У групі країн з доходом нижче середнього наша країна зайняла друге місце після Молдови.

За рейтингом, складеному агентством Bloomberg, Україна в 2016 році посідала 41 місце у списку з 50 найбільш інноваційних економік світу. Україна за оцінкою Bloomberg набрала 56,77 бала. Перед Україною у рейтингу опинилась Латвія, на 42 місці – Болгарія [2].

Перше ж місце посіла Південна Корея, набравши 91,31 балів. «Німеччина, Швеція, Японія та Швейцарія замикають ТОП-5 2016 року за інноваційним індексом Bloomberg, який оцінює економіки враховуючи такі фактори як витрати на дослідження та розвиток, а також концентрацію високотехнологічних компаній», – зазначає видання [5,1].

Індекс вираховується за кількома категоріями: обсяг коштів у відсотковому відношенні до ВВП, який держава витрачає на дослідження і розробки; продуктивність; присутність в економіці високотехнологічних компаній; поширеність вищої освіти; додана вартість товарів; кількість зареєстрованих патентів і кількість дослідників.

У рейтингу Bloomberg у 2017 році країн з найбільш інноваційною економікою Україна посіла 42-ге місце, втративши одну позицію. Згідно з рейтингом, обсяг коштів у відсотковому відношенні до ВВП, який Україна витрачає на дослідження і розробки має коефіцієнт 44; продуктивність 50; присутність в економіці високотехнологічних компаній 34; кількість зареєстрованих патентів і число дослідників – 27 [5, 1].

В 2017 році лідерство продовжує утримувати Південна Корея, Швеція піднялася на другу позицію, витіснивши на третє місце Німеччину, четверте посіла Швейцарія, п'ятою стала Фінляндія.

Південна Корея очолює рейтинг завдяки найбільшим витратам на наукові дослідження і розробки, патентній активності, виробництву з доданою вартістю і рівню вищої освіти.

Срібний призер Швеція та її сусід Фінляндія піднялися вгору списку завдяки значному зростанню високотехнологічних фірм у країні.

Закриває рейтинг 2017 року Марокко. Країна порівняно з минулим роком втратила дві позиції [5].

Отже, дані Global Innovation Index та Bloomberg дають змогу говорити про наявність в Україні науково-технічного потенціалу [2]. Тим не менше, слід визначити, що високий рівень досліджень, розробок та патентна активності є недостатньою умовою розвитку інноваційної економіки країни.

Для перетворення науково-технічних досягнень в конкурентний науково-технічний продукт потрібен розвиток всієї інфраструктури ринку інтелектуальної власності, завершення формування національної інноваційної системи (НІС) [3], подолання анклавності наукової системи країни, її недостатньої інтегрованості у міжнародний науковий простір, подолання архаїчності організаційної структури. Необхідно ж збільшити фінансування науки [4].

Крім того, слід зазначити, що основною проблемою є те, що Україна має низькі позиції за рівнем комерціалізації та захисту об'єктів ІВ.

За даними Держслужби статистики України в економіці використовується близько 4 тис. об'єктів промислової власності, в т.ч. 1,8 тис. винаходів (близько 7% від загальної кількості чинних патентів), 2,4 тис. корисних моделей (6%), 393 промислові зразки (4%) [2]. Отже, більшість захищених охоронними документами об'єктів ІВ у виробництві не використовуються після розробки і отримання правової охорони. Слід врахувати те, що створення об'єктів інтелектуальної власності є важкою, тривалою та дорогою справою.

Науковими центрами, що здійснюють активну творчу та наукову діяльність є установи освіти (ними подано 65,4 % загальної кількості заявок і отримано 62,9 % загальної кількості патентів) та наукові організації (відповідно 23,5 і 24,4 %) [2].

Зрозуміло, що інтелектуальна власність вже давно стала найбільш цінним капіталом людства та об'єктом цивільного обороту. В силу істотного значення інтелектуальної

діяльності і особливо її результатів для соціально-економічного розвитку будь-якого суспільства, попит на неї також інтенсивно зростає. І для університетів та наукових організацій більшої значущості набуває процес перетворення інноваційного продукту і інноваційну продукції, можливість її реалізації та отримання прибутку.

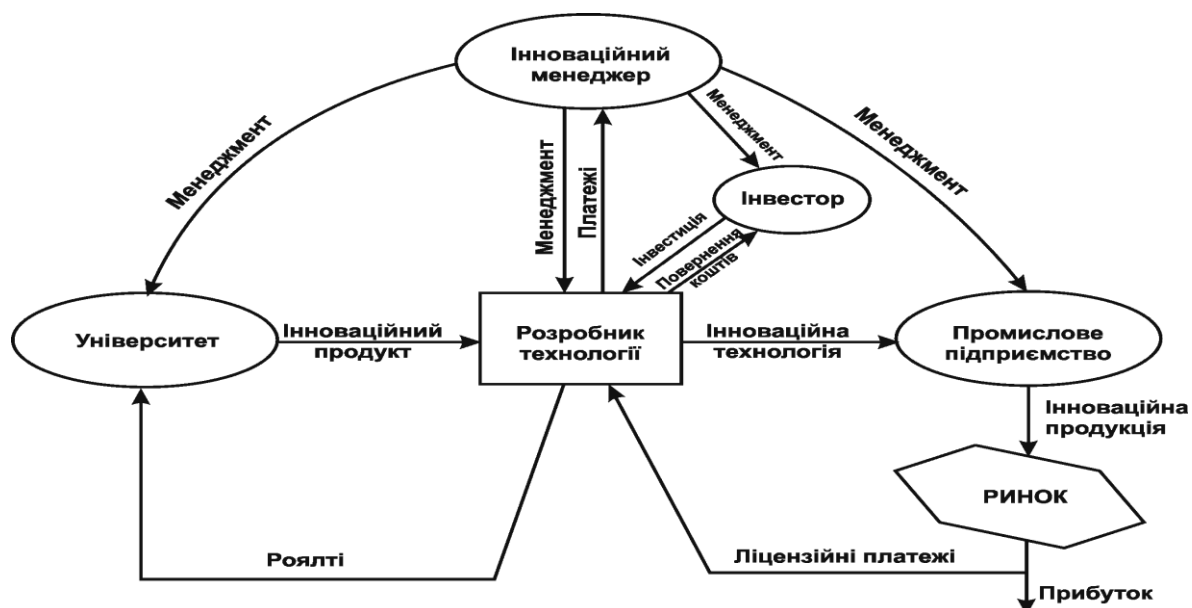


Рисунок 1 – Перетворення інноваційного продукту в інноваційну продукцію [7]

Основними завданнями лабораторій є: об'єднання інтелектуальних, фінансових та матеріально-технічних ресурсів при виконанні наукових досліджень; впровадження результатів наукових досліджень у виробництво та у навчальний процес; кадрове, матеріально-технічне, правове та інформаційне забезпечення виконання наукових досліджень; оприлюднення результатів наукових досліджень (крім випадків, які пов'язані з дотриманням умов конфіденційності) на конференціях, семінарах та у наукових виданнях; розвиток кадрового потенціалу університету та відповідних наукових шкіл [6].

Основними напрямками діяльності ПКТБ є: розробка нормативно-технічної документації з модернізації рухомого складу та його вузлів; розробка нормативно-технічної документації з ремонту та експлуатації рухомого складу залізниць; розробка відомчих інструкцій; розробка конструкторської та технологічної документації на нестандартне обладнання; проектні й дослідно-конструкторські роботи з ремонту рухомого складу; метрологічна експертиза нормативної, конструкторської, технологічної документації; розробка технологічних процесів [6].

Функції відділу інтелектуальної власності: аналіз результатів науково-дослідних робіт структурних підрозділів університету для виявлення патентоспроможних та комерційно значущих об'єктів права інтелектуальної власності; визначення доцільності їх правового захисту; здійснення робіт з правової охорони в Україні та патентуванню за її межами об'єктів права інтелектуальної власності університету; участь у підготовці та забезпеченні укладання передбачених чинним законодавством договорів з авторами об'єктів права інтелектуальної власності та здійснює контроль за їх виконанням; вживання заходів для запобігання порушенню майнових прав на об'єкти права інтелектуальної власності університету; розробка нормативних та методичних документів університету, що регламентують питання створення, правової охорони об'єктів права інтелектуальної власності, фінансування такої діяльності, виплати; аналіз тематичного плану науково-дослідних робіт з метою виявлення інформаційних потреб; поповнення довідково-інформаційного фонду за основними напрямками наукових досліджень університету; контроль підготовки і подання звітно-інформаційних матеріалів (реєстраційні, облікові та інформаційні картки) з НДР, які виконуються в університеті, до Українського інституту науково-технічної та економічної інформації; організація проведення конференцій, науково-

технічних виставок, семінарів на базі університету, подання звітів до МОНУ та інших державних установ про проведені наукові заходи; розповсюдження інформаційних матеріалів серед науковців університету з проведення конференцій, семінарів тощо; участь у реалізації інноваційних процесів в установі, підготовці інформаційних тематичних добірок та аналітичних оглядів з окремих проблем транспорту [6].

Отже, для організації та координації розвитку інтелектуальної власності в навчальних закладах створюються підрозділи ІВ. Їх завданнями є:

- ✓ Консультування та допомога у визначенні перспективних об'єктів і напрямків наукових досліджень.

- ✓ Дослідження потреб ринку в розробках та інформування студентів про такі потреби.

- ✓ Визначення потенційних об'єктів ІВ в роботі студента, надання консультацій щодо їх держаної реєстрації.

- ✓ Допомога у захисті порушених прав ІВ.

- ✓ Інформаційно-аналітичне забезпечення робіт по створенню, охороні, захисту та комерціалізації об'єктів інтелектуальної власності.

- ✓ Допомога у підготовці та укладенні договорів щодо об'єктів ІВ.

Ще одним напрямком діяльності підрозділів ІВ є орієнтування студентів на створення власного бізнесу.

В цьому напрямку підрозділи мають наступні завдання:

- ✓ Консультування з економічних, податкових, організаційних та правових питань щодо створення та діяльності власного бізнесу.

- ✓ Пошук потенційних інвесторів для фінансування доведення об'єктів ІВ до рівня комерційного продукту.

- ✓ Допомога у виявленні об'єктів ІВ у розробках студентів та їх правовий захист.

- ✓ Допомога в розробці інноваційних і інвестиційних проектів та бізнес-планів.

- ✓ Допомога в розробці установчих договорів юридичних осіб та документів для започаткування стартапу.

З метою комерціалізації результатів наукових досліджень, які виконуються в державних наукових організаціях і приватних компаніях, шляхом введення їх в господарський оборот переважно у вигляді укладання ліцензійних договорів і / або створення стартап компаній, в наукових організаціях створюються структурні підрозділи – Офіси трансферу технологій.

Політика Офісу трансферу технологій спрямована на:

- ✓ Розкриття перед університетом чи науковою установою всіх об'єктів інтелектуальної власності, що створені в результаті виконання науковцями службових обов'язків;

- ✓ Сприяння введенню в господарський обіг (комерціалізації) максимальної кількості створених об'єктів інтелектуальної власності;

- ✓ Справедливий розподіл роялті;

- ✓ Надійний захист прав інтелектуальної власності, що належать університету чи науковій установі.

Основні функції ОТТ

- ✓ Визначення доцільності комерціалізації ОІВ;

- ✓ Сприяння оформленню прав на відібрані для комерціалізації ОІВ;

- ✓ Укладання ліцензійних договорів на передачу майнових прав інтелектуальної власності;

- ✓ Сприяння створенню стартапів;

- ✓ Справедливий розподіл роялті між авторами ОІВ, підрозділами, в яких вони працюють, і університетом;

- ✓ Стимулювання творчої активності науковців.

Висновки. Тим не менше, майже п'ята частина наукового потенціалу України працює на закордонні замовлення. А низькі показники патентування українських винаходів в зарубіжних країнах свідчать про патентну незахищеність продукції, що експортується з України, та обумовлює суттєві ризики її експорту. Продовжується неконтрольована передача

за кордон наукових і конструкторських розробок, виток з України вітчизняних заявок на перспективні винаходи. Несанкціонований виток винаходів, так звана «патентна міграція» з України зростає. За даними к.т.н. О.Васильєва рівень патентів-втікачів складає 10-12% щорічного обсягу патентування. Найбільш активні сектори міграції – медичні препарати, ІТ-технології (системи та обладнання), фармакологія. Розширюється географія міграції: Російська Федерація, (51%), США (11%), Південна Корея (9%), Тайвань (3%), Німеччина (2%) [2].

Залишаються і питання недосконалого законодавства у сфері інтелектуальної власності, а саме його невідповідність до Цивільного кодексу України та законодавства Європейського Союзу.

Законодавчо не врегульовані питання охорони наукових відкриттів, комерційної таємниці, раціоналізаторських пропозицій, фірмових найменувань, баз даних, порід тварин, діяльності патентних повірених, фольклору, народних художніх промислів і традиційних знань.

Відсутня система економічних стимулів (податкових, кредитних, страхових) щодо створення та комерціалізації об'єктів права промислової власності з метою формування цивілізованого ринку цих об'єктів. Зокрема, не визначені мінімальні ставки винагороди винахідникам, авторам за використання об'єктів патентного права, не запроваджені механізми державної підтримки зарубіжного патентування винаходів, створених за рахунок бюджетних коштів; відсутня методика визначення розміру шкоди, завданої порушенням прав на об'єкти промислової власності [2].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. These Are the World's Most Innovative Economies - [електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-01-19/these-are-the-world-s-most-innovative-economies> - назва з екрану.

2. Андрощук Г.О. Глобальний інноваційний індекс 2016: лідери і аутсайдери. / Проблеми інноваційного розвитку та інформаційного суспільства : матеріали Ч. 1 // V Міжнародний форум, Київ, 20-21 жовтня 2016 р / Український інститут науково-технічної експертизи та інформації; Асоціація "Інформатіо-Корсорціум". – К. : УкрІНТЕІ, 2016. – С. 3- 14.

3. Васюткіна Н.В. Розвиток малого інноваційного підприємництва: зарубіжний досвід, тенденції та перспективи для України./ Проблеми інноваційного розвитку та інформаційного суспільства : матеріали Ч. 1 // V Міжнародний форум, Київ, 20-21 жовтня 2016 р / Український інститут науково-технічної експертизи та інформації; Асоціація "Інформатіо-Корсорціум". – К. : УкрІНТЕІ, 2016. – с.30-34.

4. Україна покращила показник у рейтингу інноваційних країн світу. - [електронний ресурс]. - Режим доступу:<http://tyzhden.ua/News/171911>

5. Україна посіла 41 місце у списку з 50 найбільш інноваційних економік світу, складеному агентством Bloomberg. - [електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economics/1947797-bloomberg-vklyuchiv-ukrajinu-v-top-50-innovatsiynih-ekonomik-svitu.html>

6. Практичні аспекти та досвід роботи з управління інтелектуальною власністю в ВНЗ. Проректор з наукової роботи, д.т.н., професор С.В. Мямлін Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна – з доповіді Навчальний семінар: «Менеджмент інтелектуальної власності ВНЗ» 25 квітня 2016, м. Київ

7. Цибульов П. М. Введення до управління системою (підсистемою) інтелектуальної власності циклу нормативної частини підготовки магістра зі спеціальності специфічних категорій 8.000002 «Інтелектуальна власність»

Л. Н. Моисеенко (канд. ист. наук, доц.)

Індустріальний інститут ГВУЗ «Донецький національний технічний університет»

КОММЕРЦІАЛІЗАЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СОБСТВЕННОСТІ ЯК УМОВИНА УСТОЙЧИВОГО СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧЕСЬКОГО РОЗВИТКУ СТРАНИ

Анотація: В статті аналізується місце України серед інноваційних країн світу на основі даних досліджень *Global Innovation Index* та рейтингу *Bloomberg*. Показано, що для перетворення науково-технічних досягнень в конкурентний науково-технічний продукт потрібне розв'язання всієї інфраструктури ринку інтелектуальної власності, завершення формування національної інноваційної системи (НІС).

Ключові слова: *Global Innovation Index, рейтинг Bloomberg, офіс трансферу технологій, інтелектуальна власність, Всесвітня організація інтелектуальної власності.*

L. Moiseenko

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

COMMERCIALIZATION OF INTELLECTUAL PROPERTY AS A CONDITION FOR SUSTAINABLE SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE COUNTRY

Annotation: The article analyzes the place of Ukraine among the innovative countries of the world on the basis of data from the *Global Innovation Index* research and the *Bloomberg* rating. It is shown that the development of the entire infrastructure of the intellectual property market, the completion of the formation of the national innovation system (NIS), is needed to convert scientific and technical achievements into a competitive scientific and technical product.

Key words: *Global Innovation Index, Bloomberg rating, technology transfer office, intellectual property, World Intellectual Property Organization.*

УДК 378.147.88: 621.3

Н. А. Несторук (канд. пед. наук, доц.)

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ В МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-ЕЛЕКТРОМЕХАНІКІВ ФАХОВО ЗНАЧУЩИХ УМІНЬ ЗАСОБАМИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Анотація: У статті охарактеризовано теоретико-методологічні підходи до формування в майбутніх інженерів-електромеханіків фахово значущих умінь у процесі експериментальних досліджень при викладанні технічних дисциплін та визначено педагогічні умови організації експериментальних досліджень у процесі підготовки фахівців електромеханічного профілю.

Ключові слова: *експериментальні дослідження, компетентісно орієнтована методика, вивчення технічних дисциплін, підготовка інженерів-електромеханіків, уміння, принципи, методи, форми, засоби.*

Постановка проблеми. Експериментальні дослідження є однією з виробничих функцій інженера, яка обумовлена необхідністю організації випробувань створюваних дослідних зразків чи оригінальних моделей, дослідження конструкційних матеріалів тощо. Тому оволодіння технікою їх проведення, особливо в умовах особистісно-орієнтованого навчання,

потребує обґрунтування та визначення відповідних професійних якостей, зокрема професійних умінь, а отже, уточнення змісту технічних дисциплін, визначення обсягу й тематики експериментальних досліджень, розробки компетентісно зорієнтованої методики.

Окрім того, відсутність інтегруючої основи для експериментальних досліджень в комплексі фахово зорієнтованих технічних дисциплін перешкоджає формуванню у майбутніх фахівців експериментальної компетентності на належному рівні й не сприяє забезпеченню якості засвоєння їх змісту та вмінь розв'язання типових задач, передбачених програмами навчальних дисциплін і практик.

Актуальність дослідження. Актуальність і доцільність дослідження обумовлена суперечностями між:

- зростаючими потребами суспільства у професійно компетентних інженерних кадрах, здатних вирішувати комплекс фахових завдань, і недостатнім рівнем їх професійної підготовки;

- необхідністю теоретичного обґрунтування процесу підготовки майбутніх інженерів-електромеханіків до проведення експериментальних досліджень у процесі вивчення технічних дисциплін і недостатньою розробленістю зазначеної проблеми в педагогіці;

- потребами підготовки компетентних інженерів електромеханічного профілю, здатних аналізувати, планувати, збирати схеми, налагоджувати устаткування, робити проби або ставити досліди, розраховувати, узагальнювати та складати висновки, й відсутністю відповідного науково-обґрунтованого методичного забезпечення до проведення експериментальних досліджень при опануванні змістом технічних дисциплін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З експериментальною діяльністю в програмах підготовки фахівців електромеханічного профілю та супутніми їм питаннями інженерно-діяльнісного, методологічного і методичного плану пов'язана значна кількість робіт різного наукового спрямування й рівня: від програмних статей до дисертаційних досліджень і навчальних посібників.

Проблеми підготовки до експериментальної діяльності студентів та безпосереднього включення елементів інженерного експериментування у процес підготовки фахівців електромеханічного профілю у вищих закладах освіти студіювалися С. Ф. Артюхом, А. К. Бояршиною, О. С. Фишером, Р. М. Горбатюком, В. М. Гріном, С. В. Іноземцевою, Н. О. Спіріним та В. В. Лавровим й ін. Однак, не зважаючи на їх різноаспектність і глибину студіювання, питання підготовки інженерів-електромеханіків до проведення експериментальних досліджень у процесі викладання технічних дисциплін залишалося без достатньої уваги.

Метою статті було встановити адекватність сформульованих теоретичних положень та дієвість обґрунтованої на їхній основі технології формування фахово значущих умінь майбутніх інженерів електромеханічного профілю до проведення експериментальних досліджень при опануванні змістом технічних дисциплін.

Виклад основного матеріалу. Об'єкт дослідження – процес професійної підготовки майбутніх інженерів електромеханічного профілю.

Предмет дослідження – принципи, методи, форми, засоби компетентісно зорієнтованої підготовки майбутніх інженерів електромеханічного профілю до проведення експериментальних досліджень при опануванні змістом технічних дисциплін.

При аналізі стану проблеми в педагогічній теорії встановлено, що експериментальні дослідження:

- виконують важливі гносеологічні функції, які спрямовані на опанування майбутніми інженерами електромеханічного профілю відповідних компетентностей;
- є невід'ємною частиною змісту навчання практично усіх технічних дисциплін;
- відіграють провідну роль у формуванні компетентісного комплексу, достатнього для професійної діяльності в умовах реального виробничого або навчального процесу.

Враховуючи актуальність і доцільність дослідження, що є потребою часу, ми визначилися з завданнями, у ході опрацювання яких отримано наступні результати.

Проаналізувавши стан проблеми підготовки майбутніх інженерів-педагогів електромеханічного профілю до проведення експериментальних досліджень, нами

встановлено, що майбутні фахівці при доборі засобів проведення експериментальних досліджень керуються інтуїтивним уявленням про перебіг процесів, слабо орієнтуються в обладнанні, недостатньо володіють технологією організації та проведення досліджень. У них виникають труднощі при налаштуванні й налагодженні електромеханічних пристроїв тощо.

Студенти віддають перевагу репродуктивним видам діяльності, воліючи дотримуватись вказівок викладача та методичних рекомендацій, не розуміючи призначення певних дій теорії на практиці наукових досліджень.

У зв'язку з цим нами було визначено наступні напрями дослідження:

- встановлення педагогічних умов організації експериментальних досліджень;
- обґрунтування змісту підготовки майбутніх інженерів електромеханічного профілю до проведення експериментальних досліджень;
- розробка компетентісно зорієнтованої методики підготовки майбутніх інженерів електромеханічного профілю до проведення експериментальних досліджень у процесі опанування змістом технічних дисциплін.

Відповідно до цих напрямів дослідження та відповідно до другого завдання на основі студіювання практичної підготовки фахівців та з урахуванням особливостей організації навчального процесу в сучасних умовах нами було встановлено наступне.

При, опануванні студентами експериментальними дослідженнями необхідно враховувати комплекс педагогічних умов, які можуть забезпечити ефективність навчального процесу:

- належне матеріально-технічне та методичне забезпечення;
- поетапність у плануванні й реалізації експериментальних досліджень;
- наявність єдиного навчально-методичного середовища, що об'єднує матеріально-технічне й методичне забезпечення, демонстраційне обладнання, засоби візуалізації та ін.;
- сприятливе мотиваційне супроводження експериментальних досліджень, що має на меті перетворення зовнішніх стимулів у внутрішні;
- низка дидактичних принципів.

Такими умовами, що дійсно відповідають особистісно-орієнтованій парадигмі освіти, є врахування принципів детермінованості, систематичності, диференційованості, варіативності, інтегративності та інтерактивності навчального процесу.

Згідно з третім завданням нами було з'ясовано, що компетентісні вимоги до майбутніх інженерів електромеханічного профілю, які визначають зміст навчання студентів, спрямовуються на формування у них здатності до інженерного експериментування:

- аналізувати експериментальні дослідження електромеханічних пристроїв;
- планувати експериментальні дослідження;
- збирати схеми електромеханічних пристроїв;
- налагоджувати електромеханічні пристрої;
- здійснювати проби або досліди;
- виконувати статистичну обробку експериментальних даних і математичного моделювання електромеханічних явищ та процесів;
- робити висновки й узагальнення результатів досліджень.

Також було обґрунтовано та уточнено зміст навчальних програм циклу технічних дисциплін, які дозволяють прилучати майбутніх фахівців до інженерного експериментування з метою формування дослідницької компетентності, зокрема нових знань і практичних умінь, як необхідних результатів засвоєння змісту цих дисциплін.

Відповідно до четвертого завдання нами була розроблена компетентісно-зорієнтована методика та спроектована модель підготовки майбутніх інженерів електромеханічного профілю до експериментальних досліджень у процесі опанування змістом технічних дисциплін [1, С. 41].

Сутність компетентісно-зорієнтованої методики навчання майбутніх інженерів електромеханічного профілю експериментальними дослідженнями полягає у такій організації навчального процесу, яка заснована на розробленій модельній структурі й передбачає створення єдиного експериментального середовища в межах комплексу технічних дисциплін шляхом уніфікації методологічного інструментарію (цільових

орієнтирів, принципів і підходів), компонентних характеристик процесу навчання (суб'єктно-діяльнісних, функціонально-змістових, організаційно-діяльнісних), а також технологічних складників (методів, засобів, умов та ін.).

Зміст технічних дисциплін, що передбачають проведення експериментальних досліджень, орієнтується в руслі розробленої методики на формування в майбутніх інженерів електромеханічного профілю фахово значущих умінь, які лежать у основі дослідницької компетентності.

Традиційною для дослідницької діяльності є точка зору, згідно з якою будь-яке дослідження складається з декількох етапів:

- виявлення й формулювання проблеми;
- попереднє студіювання джерел стосовно виявленої проблеми;
- пошук і висування початкових гіпотез;
- постановка мети і виділення завдань;
- проектування й реалізація завдань;
- планування і організація експерименту;
- проведення експерименту;
- аналіз та узагальнення отриманих даних;
- перевірка виконаності початкових гіпотез;
- остаточне формулювання нових висновків (закономірностей, якостей тощо);
- впровадження отриманих результатів у виробництво (для прикладних досліджень).

У процесі проведення практичних робіт, на яких пріоритет віддається інженерному експериментуванню, для опанування студентами проектується комплекс умінь, що відносяться до категорії затребуваних у майбутній практичній діяльності (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Фахово значущі уміння

№ п/п	Уміння	Базові дисципліни, де формується уміння
1	вирішувати завдання, пов'язані з визначенням параметрів об'єктів інженерного експерименту	електричні машини, теорія електроприводу, елементи систем автоматики, перетворювальна техніка, системи управління електроприводами
2	складати схеми (принципові, функціональні, структурні) об'єктів інженерного експерименту	електричні машини, теорія електроприводу, елементи систем автоматики, перетворювальна техніка, системи управління електроприводами
3	складати план інженерного експерименту	теорія електроприводу, перетворювальна техніка, системи управління електроприводами

В процесі підготовки фахівців до проведення експериментальних досліджень при опануванні змістом технічних дисциплін окрім практичних занять посідають лабораторні роботи, оскільки саме вони надають можливість безпосереднього моделювання ситуацій, у яких інженерний експеримент виступає основним засобом отримання інформації для прийняття рішення, а також слугують джерелом набуття практичного досвіду експериментальної діяльності. Навчальні завдання можуть передбачати різні способи виконання залежно від наявного інструментарію, засобів обробки даних тощо.

Беручи до уваги досвід постановки лабораторних робіт, представлений в матеріалах Ю. Сафонова [2], Г. Якимчука, С. Рожкова [3] та інформаційні процеси в сучасному освітньому просторі й технічних галузях знань, ми дійшли висновку про доцільність вживання такої структури лабораторних занять:

- 1) визначення (постановка) мети і завдань інженерного експерименту;
- 2) ознайомлення з лабораторною установкою;
- 3) розробка плану експерименту, виходячи з цілей і завдань;
- 4) проведення попередніх розрахунків з метою визначення параметрів об'єкту

дослідження;

- 5) попередня співбесіда (колоквіум) з визначенням ключових теоретичних положень, на яких буде ґрунтуватися експеримент;
- 6) складання схеми експериментального комплексу;
- 7) перевірка працездатності експериментального комплексу;
- 8) налаштування об'єкту дослідження;
- 9) реалізація плану інженерного експерименту;
- 10) обробка результатів інженерного експерименту;
- 11) оформлення звіту за отриманими результатами;
- 12) співбесіда за результатами виконання експериментального дослідження (захист роботи).

Висновки. На основі студіювання практичної підготовки фахівців та з урахуванням особливостей організації навчального процесу в сучасних умовах нами було встановлено наступне:

- при, опануванні студентами експериментальними дослідженнями необхідно враховувати комплекс педагогічних умов, які можуть забезпечити ефективність навчального процесу;

- з'ясовано, що компетентнісні вимоги до майбутніх інженерів-електромеханіків, які визначають зміст навчання студентів, спрямовуються на формування у них здатності до інженерного експериментування;

- спроектована та теоретично обґрунтована компетентнісно-зорієнтована методика підготовки майбутніх інженерів електромеханічного профілю до експериментальних досліджень у процесі опанування змістом технічних дисциплін та виокремлено, що зміст технічних дисциплін, що передбачають проведення експериментальних досліджень, орієнтується в руслі розробленої методики на формування в майбутніх інженерів-електромеханіків фахово значущих умінь, які лежать у основі дослідницької компетентності, що відносяться до категорії затребуваних у майбутній практичній діяльності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Несторук Н. А. Концептуальні аспекти інженерного експериментування гірничих інженерів-електромеханіків / Наталя Анатоліївна Несторук // Проблеми гірничої технології : Зб. наук. праць. – Покровськ: КП ДВНЗ «ДонНТУ», 2016. – С. 36–42.

2. Осипов О. И. Электромеханические свойства замкнутых систем : Лабораторные работы № 9–12 : метод. пос. по курсу «Теория электропривода» для студ., обуч. по направл. «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» / Олег Иванович Осипов, Юрий Михайлович Сафонов. – М. : МЭИ, 2003. – 32 с.

3. Якимчук Г. С. Методические указания к проведению лабораторных работ по дисциплине «Автоматизированный электропривод». Часть I. «Основы электропривода» : Для студ. всех форм обуч. спец.: 7.092501 – автоматизированное управление технологическими процессами ; 7.091401 – системы управления и автоматики / Георгій Сергійович Якимчук, Сергій Олександрович Рожков. – Херсон : ХГТУ, 2004. – 33 с.

Н. А. Несторук (канд. пед. наук, доц.)

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ У БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ-ЭЛЕКТРОМЕХАНИКОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ УМЕНИЙ СРЕДСТВАМИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Аннотация: В статье охарактеризованы теоретико-методологические подходы к формированию у будущих инженеров-электромехаников профессионально значимых умений в процессе экспериментальных исследований при преподавании технических дисциплин и определены педагогические условия организации экспериментальных исследований в процессе подготовки специалистов электромеханического профиля.

Ключевые слова: экспериментальные исследования, компетентностно ориентированная методика, изучения технических дисциплин, подготовка инженеров-электромехаников, умения, принципы, методы, формы, средства.

N. Nestoruk (Ph.D, Candidate of Pedagogical Sciences)

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

TECHNOLOGY OF FORMING OF FUTURE ENGINEERS-ELECTRICIANS OF PROFESSIONALLY SIGNIFICANT SKILLS BY MEANS OF EXPERIMENTAL STUDIES

Annotation: The article describes theoretical and methodological approaches to the formation of future engineers-electricians of professionally significant skills in the process of experimental studies in teaching of technical subjects and defined the pedagogical conditions of organization of experimental studies in the process of training an Electromechanical profile.

Key words: experimental study, competence oriented method of studying technical subjects, the training of engineers-electricians, skills, principles, methods, forms, means.

УДК 331.102

Н. О. Поліщук (канд. екон. наук, доц.),

Індустріальний інститут ДВНЗ „Донецький національний технічний університет”

М. П. Михалко,

Індустріальний інститут ДВНЗ „Донецький національний технічний університет”

Д. К. Мішишин

Індустріальний інститут ДВНЗ „Донецький національний технічний університет”

ДОСЛІДЖЕННЯ СОЦІАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ НА РЕГІОНАЛЬНИХ РИНКАХ ПРАЦІ

Анотація: Наведено та обґрунтовано загальні підходи до формування, наповнення та послідовності процедур діагностування соціальних процесів на ринку праці. Визначено фази діагностики відтворення робочої сили на ринку праці. Розроблено ключові положення проведення загальних діагностик з урахуванням рівня ускладнення та їх наповнення новітніми процесами. Удосконалено новітні підходи до сегментування соціальних процесів на ринку праці із врахуванням різних факторів. Визначено та обґрунтовано наукові засади дослідження соціального менеджменту з питань удосконалення системи діагностування соціальних процесів на регіональному ринку праці.

Ключові слова: трудові ресурси, діагностування, фактори, регіональний ринок, кадровий потенціал.

Постановка проблеми. Актуальність дослідження наукових засад діагностування розвитку ринку праці визначається роллю соціальних процесів, які формують позитивні зрушення в суспільному розвитку будь-якої країни. Трансформаційні процеси, що відбуваються на регіональних ринках праці України, потребують досконалого дослідження та оцінювання відповідно до новітніх європейських соціальних стандартів та особливостей розвитку інформаційного суспільства.

На сьогодні ринок праці проходить стадії становлення, динамічного розвитку та змін. На ньому виникають нові соціальні явища, що змінюють характер соціально-трудова відносин; формуються нові суб'єкти ринку; трансформуються трудові та професійні орієнтири різних груп населення. За таких умов одним з найбільш складних завдань при

управлінні регіональними ринками праці є діагностика цих ринків. Розв'язання означеного завдання можливе шляхом створення на основі сучасних економіко-математичних моделей і методів комплексної системи діагностики соціальних процесів регіональних ринків праці. Це дозволить визначити основні напрями регулювання ситуації на ринку залежно від поточного стану соціальних процесів на ньому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основою формування чіткої системи знань про ринок праці стали фундаментальні наукові праці Дж.Кейнса, П.Самуельсона, А.Сміта. Підходи до сегментації ринку праці, висвітлені в роботах Ж.Будвіля, М.Фрідмена. Концепції робочої сили і різних статусів її зайнятості окреслено у працях В.Верма, Ф.Мехрана, О.Сергієнко, Р.Хусманіса. Концептуалізацію соціальних процесів, вивчення їх та взаємодії у просторі ринку праці розроблено Д.Гвішиані, М.Лапіним. В.Гимпельсон, І.Горбачьова, Г.Стендінг, В.Попова дають характеристику процесів соціальної, трудової і професійної мобільності в соціальному просторі ринку праці. Теорії сегментації ринку праці і дискримінуючих чинників при наймі на роботу наведено у працях Л.Верем'янової, Л.Вішневської, М.Елютіної, М.Кавай, А.Соловійова. До проблем діагностики регіональних ринків праці проявляли інтерес зарубіжні та українські вчені, серед них можна назвати В.Бутова, Н.Дучинську, Л.Панкову, О.Фінагіну та ін.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на повноту та різноманітність досліджень, багато проблем, пов'язаних із діагностуванням соціальних процесів на регіональному ринку праці, залишаються недостатньо дослідженими і не в повному обсязі визначеними. З урахуванням цього, актуальність теми обумовлено потребою дослідження наукових засад розвитку та діагностування ринку праці і визначення місця соціального процесу в організаційній системі регулювання регіональних ринків праці; необхідністю наукового аналізу проблемних аспектів ринку праці з урахуванням впливу розвитку соціальних процесів на ньому; відсутністю концептуальних уявлень щодо синергетичного розвитку соціальних процесів і ринку праці, єдиних системи та критеріїв оцінки соціальних процесів регіонального ринку праці, а також ефективної моделі їх діагностування.

Мета статті. Головною метою цієї роботи є визначення та обґрунтування наукових засад дослідження соціального менеджменту з питань удосконалення системи діагностування соціальних процесів на регіональному ринку праці.

Викладення основного матеріалу дослідження. Суперечливий розвиток соціальних процесів за сучасних умов викликає необхідність ретельного вивчення стану та тенденцій розвитку регіональних ринків. Однією з основних причин нерівномірного і незбалансованого розвитку регіонів, територій, країн і континентів О.В.Нікіфорова вважає первинний нерівномірний розподіл ресурсів різного роду. При цьому на сьогоднішній день першочергову роль відіграє вже не класичний набір: земля, праця, капітал, але підприємницькі здібності, і все більше - інформаційні ресурси, інтелектуальний потенціал території і особисті «якості» трудових ресурсів. З економічної точки зору, проблеми нерівномірності регіонального розвитку можна інтерпретувати так: хтось більше вкладає в загальну скарбничку, а хтось більше з цієї скарбнички бере. Окрім «економічної несправедливості» така ситуація призводить до істотних відмінностей рівня і якості життя в різних регіонах країни, спотворює процес національної самоідентифікації, підсилює загальну роз'єднаність населення, вагу етнічних і політичних протиріч [3, с.49].

Таким чином, актуальності набуває вивчення соціальних процесів. Сучасні досягнення науково-технічного прогресу, розвитку сучасних інформаційних технологій, засобів зв'язку і комунікацій відкрили нові шляхи для більш ефективного вивчення соціальних процесів. Одним із найбільш важливих напрямів економічних досліджень є вивчення соціальних процесів на регіональних ринках праці. Дане дослідження відбувається за допомогою процесів діагностування.

Розвиток діагностики соціальних процесів на ринку праці в регіонах України характеризується цілим рядом проблем [1, с.156-164].

Основні проблеми діагностування соціальних процесів на ринку праці визначаються: недосконалістю законодавчого забезпечення міжрегіонального співробітництва,

нерозвиненістю інформаційних систем; незацікавленістю адміністрації регіонів у діагностуванні соціальних процесів на ринку праці; недостатньою науковою розробкою проблем діагностування та ефективного регулювання соціальних процесів на ринку праці; відсутністю методик та моделей діагностування соціальних процесів на регіональному ринку праці; відсутністю показників оцінки соціальних процесів на регіональному ринку праці. Відсутні показники оцінки таких соціальних процесів на ринку праці, як: дискримінація (за гендерною, національною ознаками); процеси, що сприяють зростанню кількості цивільних шлюбів; не оцінюються процеси, які викликають негативні явища кризового стану суспільства, що стосуються так званих «соціальних аутсайдерів»; відсутністю підходів до сегментування соціальних процесів на ринку праці; динамізмом і складністю соціальних процесів та ринку праці; інформаційною невизначеністю.

Невизначеність вноситься в процес формування інформації щодо розвитку соціальних процесів на ринку праці через їх різноманітність та неоднозначність. Система управління виявляється не в змозі повністю здійснити раціональний, формально оптимальний вибір найкращого з існуючих в її розпорядженні варіантів поведінки щодо регулювання соціальних процесів та ринку праці.

Поведінкова стратегія на ринку праці позбувається адекватності та передбачуваності, що викликає неспроможність системи управління до встановлення прогностичних значень тенденцій, що намітилися на ринку, та явищ, що вже на ньому відбуваються. Це викликає значний дисбаланс на ринку і сприяє негативним проявам на кшталт прихованого безробіття.

Також істотними проблемами, що перешкоджають розвитку діагностики соціальних процесів ринку праці в регіонах України, є: відсутність достовірних критеріїв порівняння; проведення більшості досліджень без врахування екзогенних чинників; значний часовий інтервал результатів аналітичних досліджень, оскільки моніторинг здійснюється епізодично і т.д.

Аналіз основних проблем дозволяє виділити наступні пріоритетні напрями розвитку діагностики соціальних процесів ринку праці в регіонах України: формування загальної регіональної бази даних для діагностики і економічного регулювання; введення в регіони системи постійного моніторингу стану соціальних процесів ринку праці; детальний і своєчасний аналіз відхилень від нормального функціонування ринку праці під впливом соціальних процесів, причин їх виникнення, а також реалізація заходів для їх усунення або мінімізації; систематизація тих напрямів, які потрібно вивчати та оцінювати на ринку праці: соціальний потенціал, соціальний капітал, інтелектуальний потенціал, людський потенціал, трудовий потенціал, кадровий потенціал, освітній потенціал, соціальні явища.

Дослідження наведених соціальних напрямів та явищ повинне здійснюватися за допомогою спеціально розроблених програм, що дозволять проводити за допомогою інтегрованих експертних оцінок порівняльний аналіз реальних і нормативних соціальних показників. Такі програми повинні бути засновані на зіставленні відповідних показників з реальної і нормативної баз даних та їх попарного кількісного і якісного порівняння. В деяких випадках такому порівнянню повинні передувати розрахунки аналітичних інтегрованих показників, які згодом необхідно зіставляти з нормативними критеріями. За результатами діагностики необхідно здійснювати сегментацію соціальних процесів та групування на ринку праці за сегментативним критерієм соціальних процесів. Надалі проводиться поглиблений діагностичний аналіз інформації, що характеризує кожну з груп окремо. Метою такого дослідження є оцінка соціальних факторів ринкового середовища, виявлення позитивних та негативних напрямів впливу соціальних процесів на ринок праці, які характеризуються екстремальним відхиленням реального значення того або іншого показника від допустимої норми.

Моніторинг є інформаційною базою для виконання функцій управління та діагностування соціальних процесів. Тому створення в системі моніторингу архіву інформаційних баз даних дозволяє визначати динаміку зміни соціально-значущих показників. А отже, і оцінювати основні тенденції зміни структурних характеристик об'єкту. Таким чином, цілями моніторингу соціальних процесів на ринку праці є комплексне вивчення та оцінка процесів, що відбуваються на ринку праці, спостереження за ними, аналіз

мікро-, мезо- та макроекономічних статистичних чинників, які характеризують ступінь задоволеності суб'єктів ринкового середовища, перспективи державного та регіонального регулювання, особливості соціальної політики тощо. Одним з основних етапів моніторингу ринку праці є інформаційно-аналітичне забезпечення, найважливішим завданням якого є дослідження соціальних процесів в інформаційному суспільстві, що обумовлюється підвищенням їх значення як головної сили, що впливає на формування ринку праці.

На думку автора, доцільно виокремити наступні блоки інформаційно-аналітичного забезпечення, згідно яких можна провести сегментацію регіональних ринків праці: змістовний блок - містить такі компоненти, як професійно-ринкова, пошуково-інформаційна, соціальна; якісний блок містить відомості щодо достовірності, об'єктивності, систематичності, актуальності, своєчасності, конкретності та повноти інформаційного забезпечення регіональних ринків праці, що дозволяє угрупувати регіональні ринки праці за ступенем якості інформаційного забезпечення.

У кожне дослідження необхідно включати порівняння результатів прогнозування за минулий прогнозний період з отриманими реальними даними. Якщо буде виявлено велике відхилення досліджуваного соціального показника від прогнозу, то це означає, що необхідно провести додаткове аналітичне дослідження із залученням експертів з метою виявлення і аналізу чинників, що зробили настільки сильний вплив на стабільність соціальних процесів на ринку праці. Так, діагностика соціальних факторів середовища ринку праці здійснюється шляхом зіставлення таких соціально-значимих показників, як трудовий потенціал, мотивація, соціальна активність, соціальна рефлексія. Наведені соціальні фактори є рушійною силою гармонізації соціальних процесів на ринку праці. [5, с.223].

Діагностику такого соціального фактору ринку праці як «потенційні можливості» слід проводити у три етапи: діагностика впливу соціально-демографічних процесів на ринок праці; діагностика трудоzайнятості і безробіття населення регіону; діагностика соціально-економічного статусу сімей.

Діагностика впливу соціально-демографічних процесів на ринок праці здійснюється шляхом зіставлення таких соціально-значимих показників, як загальні коефіцієнти народжуваності і смертності, коефіцієнти шлюбності і розлучень і т.д. Негативна динаміка показника природного приросту населення, що свідчить про перевищення смертності над народжуваністю або розлучень над шлюбністю, свідчить про соціальне неблагополуччя суспільства і, як наслідок, негативні тенденції на ринку праці.

Ще один напрям соціально-демографічної діагностики ринку праці полягає в порівнянні реальних даних з пороговими значеннями основних показників відтворення робочої сили. Такі порогові значення визначаються експертними оцінками, отриманими в результаті регулярних опитувань фахівців [2, с.47]. Саме розширене відтворення робочої сили має певні специфічні риси. Вони проявляються у тому, що до його складу входить не тільки безпосередній процес відтворення носіїв здатності до праці, а й відносини зайнятості, відносини між працівниками й роботодавцями на ринку праці, відносини щодо умов та охорони праці тощо, тобто ті відносини, які виникають у процесі відтворення робочої сили. Політичною економією не вироблено єдиного підходу щодо трактування змісту поняття «відтворення робочої сили». Серед наявних поглядів щодо цього найбільш прийнятним є розуміння процесу розширеного відтворення робочої сили як підтримання та відновлення розумових і фізичних здібностей особи до праці. Воно охоплює також заміну працівників, котрі вибувають з виробничого процесу внаслідок старіння, виробничих травм та інших причин. Така заміна має відбуватись у розширених масштабах, що в ряді країн світу в сучасних умовах не стається. Невід'ємною складовою частиною розширеного відтворення робочої сили є її розподіл за галузями, всередині них, за підрозділами і сферами національної економіки, а також її споживання, тобто використання у виробничих процесах [4, с.40]. Таке трактування змісту розширеного відтворення робочої сили можливе, хоча в ньому відсутня така фаза її відтворення, як обмін.

Відповідно до цього пропонується поділяти весь процес діагностування відтворення робочої сили на ринку праці на такі чотири фази діагностики: формування (виробництво) робочої сили; розподілу і перерозподілу робочої сили за сферами зайнятості, між галузями

народного господарства та всередині них, за економічними регіонами; обміну, який виконує функцію поєднання робочої сили із засобами виробництва, учасниками якого, з одного боку, є роботодавець, з іншого - власник робочої сили; споживання (використання) робочої сили, яке матеріалізується в кінцевому продукті праці.

Такий поділ процесу діагностування розширеного відтворення робочої сили на окремі фази спричинений тим, що характер ринку праці на кожній з них модифікується під впливом різних соціальних процесів. І хоча всі вони є єдиним цілим, їх виокремлення дає змогу більш детально дослідити вплив соціальних процесів на ці фази. Наявність взаємозв'язку і взаємозалежності окремих фаз процесу розширеного відтворення робочої сили проявляється в тому, що темпи і обсяги підготовки робочої сили, що відбуваються на першій фазі, залежать не тільки від наявності необхідних для цього матеріально-речових і соціально-економічних умов, а й від цілого ряду соціальних процесів, об'єднаних в систему. Серед них слід виділити декілька груп цих процесів: процеси, що впливають на ставлення до праці; соціальні процеси, дія яких забезпечує відповідність між професійно-кваліфікаційним рівнем робочої сили та посадою, яку займає працівник; процеси, дія яких породжує мотивацію до високопродуктивної праці; процеси, дія яких впливає на умови розширеного відтворення робочої сили.

Діагностика трудозанятості і безробіття населення регіону здійснюється за допомогою співвідношення показників, що відображають чисельність економічно активного населення, реально зайнятого у всіх галузях виробництва. Для вивчення такого негативного соціального явища, як безробіття, необхідно використовувати динамічний ряд, що характеризує загальне число безробітних або показники рівня безробіття за певний проміжок часу. Беруться до уваги і багато інших показників, що відображають динаміку заміщення вакансій, вивільнення працівників, процеси перекваліфікації кадрів.

Якнайповніше і всіляко може бути представлена діагностика соціально-економічного потенціалу населення. Для цього використовуються наступні нормативні показники: пороги бідності, зубожіння, середнього достатку, забезпеченості. Поріг бідності визначається бюджетом прожиткового мінімуму. Порогом зубожіння визнаний дохід сім'ї, при якому можливо лише придбання мінімального продовольчого кошика. Поріг середнього достатку обчислюється як вартісне вираження споживчого кошика з ширшого набору продуктів харчування і витрат на придбання непродовольчих товарів, послуг, задоволення культурно-духовних потреб. Поріг забезпеченості визначається множенням вартісного вираження бюджету прожиткового мінімуму у декілька разів.

Ще одна важлива процедура діагностичного дослідження соціальних процесів на ринку праці – аналіз соціально-економічного статусу сімей. Сім'ям із середньодушовими грошовими доходами нижче за прожитковий мінімум привласнюється статус бідних, з середньодушовими грошовими доходами нижче за прожитковий мінімум в два і більше рази – вкрай бідних. Постійно бідними вважаються ті сім'ї, де середньодушові грошові доходи нижче за прожитковий мінімум терміном протягом року і більше. У зв'язку з вищенаведеним, виявляється за необхідне розробка заходів із врегулювання негативних та розвитку позитивних впливів соціальних процесів на ринку праці в залежності від отриманого діагнозу їх поточного стану.

Система вибору заходів із врегулювання соціальних процесів на ринку праці повинна враховувати заходи, що підвищують адаптивність населення регіону. Тому доцільно розглянути можливі діагнози соціальних процесів на ринку праці та заходи щодо їх врегулювання.

Слід зазначити, що соціальні процеси і ринок праці необхідно розглядати у дуалістичному та синергетичному взаємозв'язку. Так, соціальні фактори (потенційні можливості, мотивація, соціальна активність, соціальна рефлексія) є рушійною силою гармонізації соціальних процесів на ринку праці. Соціальні фактори та процеси змінюють стан ринку праці. В свою чергу, оновлений стан ринку праці формує нові соціальні фактори та соціальні процеси і явища. Таким чином, певний діагноз соціального процесу дозволяє оцінити стан ринку праці та заходи щодо його врегулювання.

Висновки. Запропонована методика діагностування соціальних факторів середовища ринку праці, а також можливі діагнози соціальних процесів на ринку праці та заходи щодо їх врегулювання можуть бути корисними державним та регіональним органам управління, органам праці та соціального захисту населення, центрам зайнятості, агентствам з працевлаштування, міжнародним організаціям, які будуть проводити оцінку, підприємцям тощо. Це дозволить забезпечити найбільш повну обізнаність, всебічне та об'єктивне вивчення позитивних та негативних діагнозів соціальних процесів та їх вплив на ринок праці. Це надає можливість побудувати ефективну державну та регіональну політику гармонізації соціальних процесів, а також урівноважити та збалансувати ринок праці.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Батченко Л.В. Проблеми управління соціальними процесами в умовах інтеграції України до світового економічного співтовариства/ Л.В.Батченко// Механізми підвищення ефективності управління функціонуванням регіональної економіки: зб. наук. праць ДонДУУ.-№84.-Д.:Вид-во ДонДУУ, 2009. - С.156-164.
2. Конкурентоспроможність робочої сили в системі соціально-трудових відносин [колективна монографія]/ Богиня Д.П., Куліков Г.Т., Лисогор Л.С. та ін. - К.: Ін-т економіки НАН України, 2003. - С.115-138.
3. Никифорова О.В. Диагностика в системе управления региональными рынками труда/ О.В.Никифорова// Вісник Націон. техніч. ун-ту «Харківський політехнічний інститут»: зб. наук. праць. – Х.: НТУ «ХПІ». -2009.-№5.-С.48-54.
4. Поліщук Н.О. Поширення засад регіонального менеджменту: методи і напрями діагностики регіональних ринків/ О.В.Фінагіна, Н.О.Поліщук// Наукові праці: наук.-метод. журнал. – Вип.132. – Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім.Петра Могили, 2010. – С.38-43. – (Серія «Економіка»).
5. Шнипер Р.И. Региональные проблемы рынковедения: экономический аспект/ Р.И.Шнипер, А.С.Новоселов. - Новосибирск: Наука, 2003. – 442 с.

Н. А. Полищук (канд. экон. наук, доц.),

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный иехнический уныверситет»

Н. П. Михалко,

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный иехнический уныверситет»

Д. К. Мицишин

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный иехнический уныверситет»

ИССЛЕДОВАНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РЫНКАХ ТРУДА

Аннотация: Приведены и обоснованы общие подходы к формированию, наполнению и последовательности процедур диагностирования социальных процессов на рынке труда. Определены фазы диагностики воссоздания рабочей силы на рынке труда. Разработаны ключевые положения проведения общих диагностик с учетом уровня усложнения и их наполнения новейшими процессами. Усовершенствованы новейшие подходы к сегментации социальных процессов на рынке труда с учетом разных факторов. Определены и обоснованы научные принципы исследования социального менеджмента по вопросам усовершенствования системы диагностирования социальных процессов на региональном рынке труда.

Ключевые слова: трудовые ресурсы, диагностирование, факторы, региональный рынок, кадровый потенциал.

N. A. Polischuk,
Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»
N. P. Mykhalko,
Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»
D. K. Myshchishyn
Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

RESEARCH OF SOCIAL PROCESSES ON REGIONAL LABOUR MARKETS

Annotation: *General approaches over are brought and reasonable to forming, filling and sequence of procedures of diagnosticating of social processes at the market of labour. The phases of diagnostics of recreation of labour force are certain at the market of labour. Key positions of realization of general діагностику are worked out taking into account the level of complication and their filling by the newest processes. The newest going is improved near segmentation of social processes at the market of labour with taking into account of different factors. Certainly and reasonable scientific principles of research of social management on questions the improvement of the system of diagnosticating of social processes at the regional market of labour.*

Key words: *labour resources, diagnosticating, factors, regional market, skilled potential.*

УДК 669:65.012:004

А. А. Пуханов (канд. экон. наук, старший преподаватель),
Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Л. С. Пуханова (канд. пед. наук, доц.)
Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

МЕТОДЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО И ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК ТЭК НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЛИНГА

Аннотация: *рассмотрены механизмы стратегического и оперативного управления цепями поставок в ТЭК Украины на основе инструментов контроллинга. Предложенные модели, на основе данных системы контроллинга, позволяют прогнозировать объемы производств в логистической системе, что в свою очередь является основой реализации инновационной и финансовой стратегии элементов цепочек поставок.*

Ключевые слова: *контроллинг, цепь поставок, бюджетирование, контрагенты, поставщики, логистическая система, линейное программирование.*

Постановка проблемы. Построение эффективных цепей поставок в ТЭК Украины на основе использования современных концепций и методов управления интегрированной логистикой, обеспечивающих надежность, гибкость и безопасность систем поставок топливно-энергетических ресурсов, является залогом эффективного развития национальной экономики в целом. Это обусловило необходимость разработки концепции системы управления логистическими процессами ТЭК Украины в условиях рыночной экономики.

Анализ предыдущих исследований. Центральное место в системе управления логистическими процессами ТЭК занимает элемент цепочки поставок интегратор-координатор. Возможности современных информационных технологий обеспечивают создание системы контроллинга в этом элементе, осуществляющей решение как стратегических, так и оперативных задач управления логистическими процессами.

Основное предназначение контроллинга - обеспечение информационно - аналитической поддержки процессов принятия решений при реализации функций

управления предприятием в целом. Контроллинг может быть составной частью отдельных видов менеджмента, и обеспечивать лиц, принимающих решения, необходимой информацией, а также использоваться для оценки эффективности принятых решений [3].

Особую значимость среди инструментов контроллинга занимает бюджетирование, которое рассматривается как процесс оптимального использования доходов и рационального формирования затрат, представленных в виде документа – бюджета, при исполнении финансово-хозяйственной деятельности предприятия на определенный период. Бюджет представляет отображение деятельности предприятия или центра финансовой ответственности в количественном или денежном выражении.

Для ТЭК бюджетирование является наиболее приемлемым и эффективным инструментом контроллинга для реализации функций менеджмента. Наибольшей эффективности система бюджетирования достигает при процессно-ориентированной системе управления, когда процесс рассматривается как центр финансовой ответственности и для него составляется бюджет [1].

Цель статьи. Разработать механизмы стратегического и оперативного управления цепями поставок в ТЭК Украины на основе инструментов контроллинга.

Изложение основного материала исследования. Являясь надстройкой над системами бухгалтерского и финансового учетов, система контроллинга осуществляет накопление информации о контрагентах, потребляющий продукт логистической системы, ассортименте продукта, плановых и фактических сроках поставок продукта и его объемах, моментах оплат, производственных мощностях элементов цепочки поставок и другую информацию.

Это позволяет выявить стратегических партнеров, являющихся основными потребителями продукта логистической системы, определить приоритеты в выполнении поставок продукта, осуществлять оптимальное распределение заказов поставляемого продукта, а также их перераспределение в случае нарушения ритмичности поставок. Анализ ретроспективы поставок продукта стратегическим партнерам позволяет делать прогноз на будущие периоды. Кроме того, сезонный характер потребления продукта логистической системы определяет задачи рациональной загрузки мощностей узлов цепочки поставок логистической системы.

Цикличность функционирования контрагентов в цепочках поставок определяет необходимость определения периодов $T=[a,b]$, характеризующихся временами начала (a) и окончания (b) их действия. Будем называть эти периоды периодами бюджетирования в соответствии с терминологией, принятой в системе контроллинга.

Очевидно, что периоды бюджетирования могут быть представлены в виде объединения подпериодов бюджетирования: $[a=t_0, t_1], [t_1, t_2], \dots, [t_{11}, t_{12}=b]$. В данном примере период бюджетирования представим двенадцатью подпериодами по количеству месяцев года. Возможно другое представление подпериодов бюджетирования.

Для формализации задачи формирования портфеля заказов логистической системы введем следующие обозначения:

X_{ij}^k - заказ i-ым потребителям j-того продукта в k-ый подпериод бюджетирования ($k=1,12$);

Z_{mj} - производственная мощность m-го поставщика по производству j-го продукта в подпериоде бюджетирования.

Очевидно, что в k-ом подпериоде бюджетирования суммарный заказ по j-му продукту будет:

$$L_j^k = \sum_{i=1}^I X_{ij}^k, \quad (1)$$

где I - количество потребителей в логистической системе.

Дальнейшие рассуждения проведем для одного подпериода бюджетирования, поэтому индекс k во всех моделях опустим.

Пусть c_{mj} – себестоимость производства j-го продукта у m-го поставщика. Тогда задача оптимального распределения портфеля заказов между поставщиками логистической системы представима в виде:

$$\sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^J c_{mj} y_{mj} \rightarrow \min_{m,j}, \quad (2)$$

$$\sum_{m=1}^M y_{mj} = L_j \quad \forall j, \quad (3)$$

$$0 \leq y_{mj} \leq z_{mj}. \quad (4)$$

В (2) – (4) y_{mj} - объемы производства j -го продукта m -ым поставщиком; $m=\overline{1,M}$, где M - количество поставщиков логистической системы; $j=\overline{1,I}$, где I - количество видов продукции логистической системы.

Целевая функция (2) определяет суммарные затраты на производство j -го продукта в логистической системе. Ограничение (3) определяет необходимость выполнения всего заказа поставщиками логистической системы. Ограничение (4) определяет неперевышение планов производства m -го поставщика логистической системы производственных мощностей по j -му продукту.

Задача (2) – (4) относится к задачам линейного программирования и решается соответствующими методами. В результате её решения получаем оптимальный результат y_{mj}^* объемов производства j -го продукта для каждого поставщика логистической системы ($m=1, M$).

Результат y_{mj}^* является оптимальным по производству, но не по транспортировке производственного продукта в логистической системе. Поэтому следующим шагом в решении задачи распределения портфеля заказов является определение направлений и объемов следования произведенной продукции (по сути, определение потребителей - пунктов назначения произведенной продукции).

Пусть c_{mi}^j – себестоимость транспортировки j -го продукта между поставщиком m и потребителем i . Очевидно, что наибольший удельный вес в значении величины c_{mi}^j имеет удаленность контрагентов (расстояние между ними);

α_{mi}^j - количество единиц j -го продукта, отгружаемого m -ым поставщиком i -му потребителю. Тогда задача минимизации транспортных расходов логистической системы представима в виде:

$$\sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^I c_{mi}^j \cdot \alpha_{mi}^j \rightarrow \min_{j,m,i}, \quad (5)$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^I \alpha_{mi}^j = L_j \quad (6)$$

$$0 \leq \sum_{i=1}^I \alpha_{mi}^j \leq y_{mj}^* \quad (7)$$

Ограничение (6) аналогично ограничению (3) и определяет необходимость выполнения всего заказа потребителям. Ограничение (7) связано с планированием деятельности поставщиков по поставке продукции, определенное в результате решения задачи (2) – (4).

Задача (5) – (7) также относится к задачам линейного программирования и для ее решения используются соответствующие методы.

Таким образом, решение задач (2) – (4) и (5) – (7) обеспечивает оптимизацию производственной программы логической системы, на k -ый подпериод бюджетирования, а также определяет оптимальное перемещение произведенной продукции с целью минимизации логических затрат. Задачи (2) – (7) относятся к задачам стратегического управления. Они могут рассматриваться как для всего периода бюджетирования, так и для подпериодов различной продолжительности.

Для решения задач оперативного управления определим продолжительность k -го подпериода бюджетирования:

$$\tau_k = t_k - t_{k-1}. \quad (8)$$

Это дает возможность определить планируемые объемы производства j -го продукта в единицу времени (сутки) как логистической системы в целом

$$l^j = \frac{L_j}{\tau_k}, \quad (9)$$

так и отдельного поставщика

$$\beta^{mj} = \frac{y_{mj}^*}{\tau_k} \quad (10)$$

Таким образом, рекуррентные отношения

$$\bar{l}_i^j = \bar{l}_{i-1}^j + l^j \quad (11)$$

$$\bar{\beta}_i^{mj} = \bar{\beta}_{i-1}^{mj} + \beta^{mj} \quad (12)$$

определяют плановые значения производства j -го продукта по логистической системе в целом (11) и по отдельному m -му поставщику (12) по состоянию на i -ые сутки подпериода бюджетирования.

Мониторинг величин (11) и (12) в системе контроллинга интегратора-координатора позволяет рассчитать запаздывания в выполнении производственной программы.

Пусть β_r^{mj} – фактическое производство j -го продукта m -ым поставщиком за r -ые сутки подпериода бюджетирования. Очевидно, что

$$\Delta_i^m = \frac{\sum_{r=1}^i \beta_r^{mj} - \bar{\beta}_i^{mj}}{\beta^{mj}} \quad (13)$$

определяет запаздывание в выполнении производства m -ым поставщиком j -го продукта на i -ю дату подпериода бюджетирования, если $\Delta_i^m < 0$. Величина запаздывания в этом случае равна $[\Delta_i^m]$ суток, где $[\]$ определяет целую часть $|\Delta_i^m|$.

Запаздывание в выполнении производственной программы может возникнуть в результате аварий, форс-мажорных обстоятельств, нерационального использования производственных мощностей, неправильной организацией труда и по другим причинам.

Экспертным путем установим значение $\bar{\Delta}$, превышение значения которого определяет срыв производственной программы в логической системе. Это значит, что в момент времени i для поставщиков продукта j , у которых

$$[\Delta_i^m] - \bar{\Delta} > 0 \quad (14)$$

необходимо изменить производственную программу до конца периода бюджетирования и осуществить перераспределение его производства другим поставщикам с тем, чтобы производственная программа логистической системы была выполнена.

Решение о таком перераспределении осуществляется лицом, принимающим решения, на основании мониторинга результатов деятельности поставщиков продукта в системе контроллинга. Момент осуществления такого перераспределения находится также в его компетенции.

Опишем метод перераспределения производственной программы.

Прежде всего, определим поставщиков j -го продукта, у которых имеется резерв

мощностей по его производству в рассматриваемом подпериоде бюджетирования. Пусть

$$P = \{p_m, m = \overline{1, M}\}$$

множество поставщиков, осуществляющих поставку j -го продукта. Тогда искомое множество P' определяется следующим образом:

$$P' = \{p'_m : p'_m = p_m \in P \wedge z'_{mj} = z_{mj} \wedge z_{mj} - y^*_{mj} > 0\}.$$

Объемы производства j -го продукта m -ым поставщиком в i -ый момент времени, для которого выполнено неравенство (14), уменьшаются и становятся равными:

$$y^*_{mj} = y_{mj} - \left| \sum_{r=1}^i \beta_r^{mj} - \bar{\beta}_i^{mj} \right| \quad (15)$$

Объем продукта j , который необходимо перераспределить между поставщиками из множества P' определяется следующим образом:

$$L'_j = \sum_{m \in [A_i^m] - \bar{\Delta} > 0} \left| \sum_{r=1}^i \beta_r^{mj} - \bar{\beta}_i^{mj} \right| \quad (16)$$

Перераспределение производственной программы осуществляется решением задачи:

$$\sum_{m \in P'} \sum_{j=1}^j c_{mj} y'_{mj} \rightarrow \min_{m,j}, \quad (17)$$

$$\sum_{m \in P'} y'_{mj} = L'_j \quad \forall j, \quad (18)$$

$$0 \leq y'_{mj} \leq z'_{mj}. \quad (19)$$

В результате решения задачи (17) – (19) получаем оптимальное значение y^*_{mj} . Следовательно производственная программа поставщиков из множества P' изменится и примет вид:

$$y^*_{mj} = y^*_{mj} + y'_{mj}. \quad (20)$$

Поскольку объемы поставляемых продуктов изменились, изменятся и логистические расходы на их поставку потребителям.

На текущий момент времени i необходимо выполнить следующие поставки j -го продукта каждым поставщиком:

$$y^*_{mj} = y_{mj} - \sum_{r=1}^i \beta_r^{mj} \quad (21)$$

Используем полученное значение y^*_{mj} в качестве ограничения в задаче (5) – (7) и решим ее. Полученные значения α_{mi}^j являются оптимальными решениями по транспортировке j -го продукта от m -го поставщика к i -му потребителю.

Реализация стратегических и управленческих решений возможна при организацией системы контроллинга в логистической системе. Ядро (основные блоки) должно находиться у интегратора-координатора. Сведения о потребителях, заказываемой ими продукции, сроках

поставок, условиях поставок, заключенных договорах и о многом другом заносятся в интегрированную базу данных [2].

Система контроллинга организована таким образом, что обеспечивается накопление ретроспективы изменений состояний как логистической системы в целом, так и отдельных элементов цепочек поставок. Это обеспечивает возможность, в частности, определять стратегических партнеров по ведению бизнеса, поддержание экономических связей с которыми обеспечивает устойчивое функционирование всей логистической системы.

Система контроллинга позволяет формализовать процесс выявления стратегических партнеров путем определения объемов и частоты заказов производимой продукции, нарушений финансовых обязательств, лояльности во взаимоотношениях и других показателей. На основании экспертных оценок определяется наиболее значимые для логистической системы потребители, анализ взаимоотношений с которыми позволяет осуществлять прогноз производства и потребления продукции, что в свою очередь позволяет формулировать и решать задачи оптимизации логистических расходов.

Выводы. Предложенные методы стратегического и оперативного управления на основе данных системы контроллинга позволяют прогнозировать объемы производств логистической системе, что в свою очередь является основой реализации инновационной и финансовой стратегии элементов цепочек поставок. Накопление договоров в системе контроллинга и использование методов линейного программирования для распределения портфеля заказов приводит не только к снижению себестоимости производства продукции, но и к улучшению ритмичности работы элементов логистических цепочек. Мониторинг результатов функциональной деятельности каждого элемента цепочки поставок обеспечивает своевременное реагирование логистической системы на возникающие отклонения в производственной программе и позволяет оперативно перераспределять задания на свободные производственные мощности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зубков А.В. Основные аспекты формирования системы бюджетирования на промышленном предприятии. / А.В. Зубков // Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы развития менеджмента, логистика и коммерции в условиях новой экономики». – Астрахань: ЦНТЭП, 2006. – С. 93–98.
2. Ламберт Д.М. Стратегическое управление логистикой: Пер. с 4-го англ. изд. / Дж. Р. Сток, Д.М. Ламберт. – М.: ИНФРА-М, 2005, XXXII, 797 с.
3. Сергеев В.И. Новое видение системы контроллинга логистических бизнес-процессов в цепи поставок / В.И. Сергеев // Логистика и управление цепями поставок, 2007. – № 5. – С. 9–21.

О. О. Пуханов (канд. екон. наук, старший викладач),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Л. С. Пуханова (канд. пед. наук, доц.)

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

МЕТОДИ СТРАТЕГІЧНОГО ТА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАВОК ТЕК НА ОСНОВІ ДАНИХ СИСТЕМИ КОНТРОЛІНГУ

Анотація: розглянуто механізми стратегічного і оперативного управління ланцюгів постачань в ПЕК України на основі інструментів контролінгу. Запропоновані моделі, на основі даних системи контролінгу, дозволяють прогнозувати обсяги виробництва в логістичній системі, що в свою чергу є основою реалізації інноваційної та фінансової стратегії елементів ланцюжків поставок.

Ключові слова: контролінг, ланцюг поставок, бюджетування, контрагенти, постачальники, логістична система, лінійне програмування.

A. Pukhanov,
Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»
L. Pukhanov
Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

METHODS OF STRATEGIC AND OPERATIONAL SUPPLY CHAIN MANAGEMENT TECH-BASED DATA CONTROLLING SYSTEM

Annotation: *the mechanisms of strategic and operational supply chain management in the energy sector of Ukraine on the basis of controlling tools. The proposed model, based on the data controlling system, allow to predict the volume of production in the logistics system, which in turn is the basis for the implementation of innovative financial strategies and Supply Chain.*

Keywords: *controlling, supply chain, budgeting, contractors, suppliers, logistic system, linear programming.*

УДК 37.016.81=111

Т. В. Самофалова (ст. викладач),
Індустріальний інститут ГВУЗ «Донецький національний технічний університет»

В. В. Самофалов
Індустріальний інститут ГВУЗ «Донецький національний технічний університет»

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВОДА И РАБОТА СТУДЕНТОВ С АНГЛИЙСКИМИ ТЕКСТАМИ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Аннотация: *В статье рассмотрены особенности работы с техническими текстами во время перевода их с английского языка. Определены лексические и грамматические трудности, возникающие у студентов при переводе технических текстов.*

Ключевые слова: *перевод, студент, технический текст, термины, лексические и грамматические трудности.*

Постановка проблемы. Актуальность данной темы связано как с ускорением научно-технического прогресса, так и интенсивным ростом международного сотрудничества. Сегодня современный инженер не может быть востребован на рынке труда, если не знает на достаточном уровне лексический минимум своей специальности для успешного осуществления профессиональной англоязычной коммуникации.

Анализ предыдущих исследований. Профессионально-ориентированный подход к обучению иностранного языка в техническом вузе, изучение терминологии, лексические особенности англоязычных терминов и методы их изучения рассматриваются в работах Рощиной Е.В., Покушаловой Л.В. Теоретические и практические особенности технического перевода исследовали такие лингвисты: Т.Казакова, А.Паршин, В.Карабан, Я. Рецкер.

Цель статьи. Профессиональная направленность иностранного языка в техническом вузе означает, что данная дисциплина изучается для того, чтобы студенты научились использовать иностранный язык как инструмент в своей профессиональной деятельности, то есть могли читать специальную иноязычную литературу для получения необходимой информации. Целью данной статьи является рассмотрение основных методов технического перевода, а также трудностей, возникающих у студентов при чтении текстов по специальности.

Изложение основного материала исследования. Что такое перевод? Перевод – это средство, которое обеспечивает возможность общения (коммуникации) между людьми, говорящими на разных языках. Технический перевод является одним из сложных, так как он требует специальных знаний конкретной области перевода, а так же знаний языка

оригинала. Технический перевод- это перевод, используемый для специальных целей. Существует распространенное мнение, что технический перевод- это перевод технических текстов. К таковым текстам относят техническую документацию, инструкции по использованию производственного оборудования, вообще любую научно-техническую информацию.

Трудностей при переводе технических текстов возникает много. Среди них можно выделить лексические, грамматические и стилистические трудности. При обучении техническому переводу в первую очередь студенту необходимо объяснить специфику английского и родного языков, столь различных в своем структурном отношении. Слова в предложениях разных языков сочетаются по законам, присущим каждому языку и поэтому значение правил построения английского предложения является необходимым условием для правильного понимания и перевода текста. В русском языке существует относительно свободный порядок слов в предложении: прямое дополнение можно поставить в начале, а за тем следует сказуемое, а за ним подлежащее. В английском языке возможен только один вариант: подлежащее – сказуемое – дополнение. Чтобы избежать трудностей при переводе необходимо учить студентов анализировать предложение: определить главные члены предложения; обратить внимание на наличие причастных, инфинитивных оборотов. Особое внимание следует уделить изучению пассивных конструкций, которые очень часто используется в технических текстах, не для того, чтобы исключить личностный элемент, а для того чтобы придать статус самой идее и выдвинуть на первое место сам предмет обсуждения в данном тексте.

После изучения грамматического минимума следующий этап – это обучить студентов извлекать смысл из иностранного технического текста. Для этого необходимо обучать студентов умению опознавать знакомые слова и термины, выбирать правильный перевод для терминов, работая с различными отраслевыми словарями.

Термины - это слова или словосочетания, обозначающее понятия специальной области знания или деятельности. [3] Термины всегда существуют в составе определенной терминологии. Терминология – это совокупность терминов данной отрасли производства, деятельности, знания, образующая особый сектор лексики, наиболее доступной сознательному регулированию и упорядочению.[3] Научная терминология – это сложный для студентов процесс познания. Выбрать значение того или иного термина помогает контекст. Техническая терминология состоит из большого количества слов, которые имеют несколько значений, начиная с самых простых, которые используются в повседневной жизни. Например, известное слово face (лицо, внешний вид) в горном деле переводится как очистной забой, лава; в машиностроении- как поверхность, срез; в математике - как грань, край; а в металлургии - как поверхность наковальни. Существуют различные классификации терминов. Исследователи терминологии приводят около 20 классификаций по различным признакам. По морфологическому принципу они бывают: простые – shaft (ствол), seam (угольный пласт); сложные – borehole (скважина), upcast, downcast (вентиляционные стволы); и термины-словосочетания – long wall equipment (оборудование для длинных забоев), underground exploration (подземная разработка полезных ископаемых). Но термин способен уточнять свое значение путем добавления новых левых и правых определений, что приводит к трудностям при переводе. Перевод таких терминов-словосочетаний начинают с определения базового слова, а потом последовательно переводят смысловую группу, чаще всего справа налево. Например, coal utilization technologies– технологии использования угля; exploratory drilling operations– буровые операции по разведке наличия месторождения. Выделяют основные виды перевода терминов-словосочетаний:

1. Перевод при помощи слов, которые дословно передают слова и словосочетания английского языка, так называемый метод калькирования: roof control in face – контроль кровли в забое; shearer developments – совершенствование комбайнов.

2. Перевод при помощи родительного падежа: high coal seam cutting rates– быстрые темпы разрушения угольного пласта.

3. Перевод с использованием различных предлогов: bidirectional flow system– система проветривания потоками двух направлений.

4. Перевод при помощи изменения порядка слов в термине: bottom-loading belt conveyor – ленточный конвейер с нижним рабочим приводом.

Говоря о терминообразовании необходимо знакомить студентов с префиксами и суффиксами в английском языке и их влиянии на основу термина. Наиболее распространенные такие префиксы: повторяемости: reestablish; числа и размера: binary, semicircle; обратногодействия: demagnetize, decrease; времени: past-operational, predate. В прилагательных часто используемыми являются суффиксы –ful и –less: powerful, harmful, useful; powerless, harmless, useless.

Рассмотрев лексические и грамматические трудности, переходим непосредственно к переводу самого технического текста. При этом используются различные методы перевода. Их можно разделить на автоматизированные (с помощью компьютера) и ручные. В связи с тем, что на сегодняшний день разработано много программ «переводчиков» и существуют «сайты» предлагающие услуги перевода текста «онлайн», студенты используют их при переводе технических текстов. Пользоваться электронным переводчиком вполне можно при переводе конкретного слова, но словарь не может вместить все случаи правильного перевода, в первую очередь это касается технических терминов. Только контекст (фраза) поможет выбрать правильный перевод используемого термина. Что касается перевода с помощью компьютера связного текста или фразы, то он выдает буквальный перевод, поскольку компьютер не способен выбрать уместный вариант перевода из нескольких значений. Необходимы знания по грамматике, стилистике языка. Это приводит к ошибкам, что искажают смысл технического текста.

Необходимо назвать еще один метод перевода – компромиссный: текст переводится машинными средствами, а затем исправляются неточности «в ручную». Главный недостаток электронного технического перевода в том, что при этом теряются стилистические особенности текста и его внутренние связи. Ведь перевод – это выражение того, что уже было выражено на одном языке, средствами другого языка. Переводятся не слова и грамматические конструкции, а мысли, то есть содержание оригинала. По словам Я.И. Рецкера, перевод должен передавать не только то, что выражено подлинником, но и как это выражено [7]. И с этим трудно не согласиться.

Для того чтобы полностью понимать информацию, которая содержится в текстах по специальности, надо быть специалистом в данной области. Преподаватель при обучении переводу обращается к профессиональным знаниям студентов, которые уже имеет определенные теоретические знания и опыт по своей будущей специальности. Этот процесс обоюдного творчества способствует повышению интереса к изучению иностранного языка.

Выводы. Таким образом, обучение техническому переводу – кропотливый и продолжительный процесс, который стимулирует умственную работу студентов и способствует их техническому образованию. Развитие у студентов навыков переводить тексты по специальности и извлекать профессионально-значимую информацию выступает в качестве одной из главных задач в программе курса иностранного языка. Возможность читать литературу по специальности вызывает интерес у студентов, так как они убеждаются в необходимости использования иностранного языка не только в будущем, но и при обучении в техническом вузе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баракова М.Я, Журавлёва Р.И. Английский язык для горных инженеров: Учебник – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, - 2001. – 288 с.
2. Білецька Л.Л. English for mining students. Донецьк. 2012, -135 с.
3. „Лингвострановедческий энциклопедический словарь \ Гл. ред. В.Н. Ярцева, - М.: Сов. Энциклопедия, 1990 -693 с.
4. Паршин А. Теория и практика перевода. - М., Русск. язык, 2002 -161 с.
5. Реформатский А.А. Введение в языкознание: учебник для вузов. – М.: Аспект Пресс, 2002,- 563 с.
6. Рецкер Я.И. Теория перевода и переводческая практика.-М., 1974.
7. http://window.edu.ru/window_catalog.

Т. В. Самофалова (ст. викладач),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

В. В. Самофалов

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ПЕРЕКЛАДУ ТА РОБОТА СТУДЕНТІВ З АНГЛІЙСЬКИМИ ТЕКСТАМИ ЗА ФАХОМ

Анотація: У статті розглянуто особливості роботи з технічними текстами під час перекладу їх з англійської мови. Визначено лексичні та граматичні труднощі, які виникають у студентів при перекладі технічних текстів.

Ключові слова: переклад, студент, технічний текст, терміни, лексичні та граматичні труднощі.

T. V. (Samofalova senior teacher),

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

V. V. Samofalov

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

PARTICULARS OF TECHNICAL TRANSLATION AND TEACHING STUDENTS TO READ SPECIAL TECHNICAL TEXTS

Annotation: The method of teaching students to read special technical texts and articles is under consideration. Lexical and grammatical approach to better comprehension of technical information for the students of specialties dealing with mining is presented in the given article.

Key words: translation, student, technical text, terms, lexical and grammatical difficulties.

УДК 378.147

Л. Г. Сергієнко (канд. пед. наук, доц.)

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ПРОФЕСІЙНО-ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ НАВЧАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИМ ДИСЦИПЛІНАМ У ВИЩОМУ ТЕХНІЧНОМУ НАВЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ

Анотація: В даній статті наведені елементи дидактики фундаментальної підготовки студентів гірничих спеціальностей (на прикладі фізики) у вищих технічних навчальних закладах. Обґрунтовано значення сучасних лекційних, практичних та лабораторних занять з фундаментальної підготовки. Також наведено перелік основних інновацій у процесі навчання й освіти у вищому технічному навчальному закладі.

Ключові слова: інноваційна дидактика, фундаментальна інженерна підготовка, компоненти освіти, індустріалізація навчання, професійно-інтелектуальні знання, вміння та навички.

Постановка проблеми. Курс фундаментальних дисциплін у технічних вузах за останні роки перетерпів серйозні зміни. З одного боку, у ньому знайшли відображення основні напрямки розвитку сучасних наук, а, з іншого боку, виклад матеріалу (лекції), лабораторні і практичні цикли стали більш наближені до профілю вузу, носять інноваційний характер. Йде процес пошуку раціональних дидактичних і методичних рішень даного питання, пов'язаного з керуванням якістю підготовки сучасних фахівців, особливо в контексті Болонського процесу.

Крім того, треба додати, що наше основне завдання полягає в тому, щоб підготувати спеціалістів вищого гатунку, які будуть конкурентоспроможними на зовнішньому та внутрішньому ринках труда. Тому ця тема завжди була, є і буде актуальною.

Давати людині освіту - це те ж саме, що змінювати, перетворювати, розвивати її особистість. Освіта - означає не процес, а деякий кінцевий стан, до якого приводить навчання (загальне, або те що має професійну спрямованість). Таким чином, від мети, змісту і різноманітності форм, методів і засобів навчання залежить характер і якість освіти. Навчання - це сукупність дій (зовнішніх і внутрішніх), що дозволяють тим, якого навчають, дізнаватися природу (природничі науки), суспільство і культуру (гуманітарні науки), брати участь у їхньому формуванні, розвивати навички, таланти, переконання, життєві установки, а також здобувати професійну кваліфікацію.

Як відомо, навчання складається з декількох, нерозривно зв'язаних між собою, компонент, основними з яких є: зміст навчання, діяльність викладача і діяльність того, якого навчають, тобто студента. Зв'язки між цими компонентами виступають у навчанні у виді наступних відносин:

- а) навчальний матеріал-викладач;
- б) навчальний матеріал-студент;
- в) викладач-студент.

Метою даної роботи передбачається розглянути особливості вище перерахованих зв'язків при вивченні фундаментальних дисциплін (зокрема, фізики) майбутніми фахівцями втузу, спрямованими на формування професійно-інтелектуальної спрямованості.

Аналіз попередніх досліджень. Провідною ланкою навчального процесу у вузі вважається лекція. Багато вчених і педагогів (С.В.Архангельський [1], Н.І.Пірогов [2], Н.Е.Жуковський [3] та ін) вважали, що лекція - найбільш економний за часом вид занять, однак по силі враження стоїть вище багатьох видів викладання.

Лекція закладає основи наукових знань, підводить теоретичну базу під досліджувану науку, знайомить студентів з методологією дослідження, служить відправним пунктом і вказує напрямки роботи студентів по всіх інших видах навчальних занять. Лекція не тільки озброює слухачів знаннями по даній дисципліні, але й учить учитися. Вона відіграє велику роль у тім, щоб створити основи самостійної роботи студентів.

Основний матеріал дослідження. На весь доступний для огляду період подальшого розвитку вищої освіти лекція залишається найважливішою формою навчання, ефективнішим засобом формування фахівців. Однак це не означає, що лекція не може і не повинна удосконалюватися. Навпаки, вона повинна модернізуватися. Основний недолік традиційної лекції - це пасивність її слухачів. Незважаючи на, здавалося б, очевидні переваги лекцій, останнім часом стали виникати сумніви в їхній доцільності. Ці сумніви підсилюються завдяки колосальним можливостям сучасних технічних інформаційних засобів. Який вихід? Не можна, звичайно, не використовувати новітні аудіовізуальні засоби інформації, які усе більш розвиваються. Але можливо і потрібно кардинально змінити структуру лекції, зробивши пасивну форму сприйняття активною, для чого потрібно використовувати в розумних сполученнях різні технічні засоби, здійснивши індустріалізацію процесу навчання. Розвиток технічних засобів навчання не може замінити лекцію, але повинно в корені змінити її методичну побудову і сприйняття, змусити слухача активно працювати разом з лектором. Як правило, студенти намагаються зробити під час лекції як можна більший обсяг записів. Час, витрачений на опис матеріалу, що викладається, зменшує час осмислювання, зменшує інтенсивність і темп занять, а оскільки робота студентів протікає не синхронно, утрудняє роботу лектора по керуванню розумовою діяльністю. Підвищена увага студентів до процесу запису приводить до того, що в послідовному ланцюзі "слухання-осмислення-запис" послаблюється чи узагалі випадає середня ланка - "осмислення", у процесі якого відбувається закріплення наявних і формування нових знань.

Застосування мультимедійної техніки, на наш погляд, у більшому ступені компенсує цей недолік, тому що студент спочатку слухає матеріал, осмислює його, а потім йому надається можливість занести в конспект ті записи, що він вважає потрібними з екрана монітора (або інтерактивної дошки). Крім того, формули, креслення і малюнки, задалегідь

виконані викладачем і демонструються на моніторах, заощаджують час, виконані акуратно і спонукають студентів до аналогічних дій. Однак індустріалізація процесу навчання не повинна означати примітивні насичення лекційної аудиторії різними технічними пристроями, їхнє введення повинне обов'язково супроводжуватися часом відпочинку, у яке повинний входити і відпочинок, від будь-яких видів техніки.

Індустріалізація навчання повинна відповідати наступним вимогам:

- 1) зробити більш активним процес сприйняття (а не більш розважальним);
- 2) зберегти спілкування лектора зі студентською аудиторією;
- 3) полегшити добір "самого головного" у професійному плані і фіксацію уваги на інформації, більш необхідної для даної спеціальності;
- 4) мати переваги при поглибленні і прискоренні сприйняття знань у порівнянні з іншими методами;
- 5) зробити процес навчання досить індивідуальним, використовуючи для цього підготовку і характерні психологічні властивості кожного студента.

Зрозуміло, що одночасно з активізацією лекцій повинна відбуватися активізація всіх інших видів роботи студентів у вузі - практичних і лабораторних занять, навчально-дослідницьких робіт (НДРс), самостійної роботи студентів (СРС), навчального проектування тощо.

До даної методики додаються структурно-логічні схеми вивчення розділів курсу і схеми між та усередині предметних зв'язків. Структурно-логічна схема є своєрідним путівником навчального процесу, вона відбиває послідовність і взаємодію різних видів занять по даному розділу, а також самостійну роботу студентів. Схеми між і усередині предметних зв'язків показують зв'язок досліджуваного матеріалу зі спеціальними і з обслуговуючими курсами.

У нашій роботі ми виходимо з припущення, що характер викладу матеріалу на лекції може вплинути на формування професійної спрямованості, якщо будуть простежені зв'язки змісту і структури лекцій з розвитком дидактичних умінь студентів. Викладене вище дозволяє зробити висновок, що лекції вплинуть на формування професійно-інтелектуальних умінь тільки тоді, коли вони будуть проводитися в такий спосіб:

а) наявність зв'язаності елементів фундаментальних знань, їхній синтез і композиція, реконструювання і трансформація в спеціальних дисциплінах з урахуванням майбутньої професійної діяльності;

б) зв'язок вузівського курсу фундаментальних дисциплін з матеріалом курсів спеціальних дисциплін, як по змісту, так і за рівнем значимості в професійній підготовці.

Усе відзначене, звичайно, не повинно порушувати цілісність лекції, що виражається, насамперед, у послідовності і логічності; професійні мотиви й інформаційні блоки не повинні бути чужорідними і нав'язаними. Тільки їхня органічна єдність з фундаментальною інформацією створить професійну логічну спрямованість. Усі переходи повинні бути непомітними і невіддільними друг від друга. Для цього сукупність ідей, що викладаються, не повинна зливатися в мовному потоці інформації. Викладач може досліджувати проблему, знайти шляхи її рішення, з'єднавши фундаментальні знання і професійну спрямованість, як не дивно, до цієї єдності необхідно йти через диференціацію. Цілісність кінцевого виступає як синтез роздільного; потім з'єднаних загальною ідеєю і метою. Ця єдність додає лекції значимість, що проявиться не цю хвилину, а при досягненні мети (зокрема, при виконанні курсових робіт і захисту дипломних проектів).

Щоб досягти цього, лектору необхідно виявити значимі суттєві фрагменти, перша частина яких містить основну базову інформацію, а друга частина - що аргументує, роз'ясняє, підводить підсумок цієї тези. Виділяючи в лекціях значеннєві фрагменти, потрібно подбати про те, щоб їхнє об'єднання не було механічним.

Дуже корисним, як показав досвід, є використання структурно-логічних схем, керуючись якими лектор викладає, а студенти сприймають класичний матеріал фундаментальної дисципліни. Застосування структурно-логічних схем різної наповнюваності дозволяє викладачу більш чітко об'єднати окремі значеннєві фрагменти лекції, а студенту їх осмислено сприйняти в кожному елементі інформації, що підлегла головній меті і меті теми.

Таким чином, побудова курсу і його частин від центрально-вузлового моменту професійної спрямованості робить логічним як виклад теми, так і її сприйняття. Зрозуміло, що викладені ідеї вимагають розгляду всього досліджуваного матеріалу як цілісного, системного об'єкта. При цьому виникає необхідність визначення і використання відповідних елементів у потрібний час і в потрібному місці в структурі матеріалу, що викладається.

В ході експериментальної роботи ми переконалися, що засвоєння знань йде значно ефективніше при наявності суб'єктивної внутрішньої мотивації навчання.

Усякого роду побічні спонукання, якимось, одержати "відмінно", заробити стипендію, хоча і похвально, але вони спотворюють задачу навчання і його кінцеву мету. Формування суб'єктивної внутрішньої мотивації у студента при його підготовці як фахівця в процесі закладення фундаментальних знань повинне бути підлегле головній задачі, як лекції, так і лабораторно-практичних занять - пробудженню щирого інтересу до досліджуваного предмета і майбутньої професії. При цьому необхідно визначити місце і значимість досліджуваної теми з указівкою способу відтворення знань для досягнення найближчих і перспективних цілей. Іншими словами можна сказати, що ми пропонуємо студентам повну розгорнуту орієнтовану навчальну програму, засновану на стратегічних напрямках професійної орієнтації. У цьому випадку, зрозуміло, що викладачам ми пропонуємо осмислити весь матеріал, що читається, підкоривши його кінцевій меті підготовки професіоналів. Як нам здається, і як показав досвід багаторічної роботи, ці функції цілком досяжні при використанні структурно-логічних професійно-орієнтованих схем.

Професійна спрямованість лекцій по фундаментальних дисциплінах у запропонованому варіанті сприяє концентрації уваги студентів навколо головного - професійно значимих знань. Це стрижень у їхній вузівській підготовці, що забезпечує якість досліджуваного предмета. Усе-таки ми не відкидаємо моменти, зв'язані з психологією засвоєння знань, оскільки характер засвоєння знань залежить від виду і його доступності в межах тих чи інших форм навчання, важко думати і жадати від лекцій граничного рівня якості. Реальність така, що на практичних і лабораторних заняттях студент більш активний і вільний у прийнятті самостійних рішень. Обмеження, що виникають на лекціях, цілком об'єктивні і не можуть бути зовсім зняті кваліфікацією викладача. Ми думаємо, що лекція, мета якої - формування професійної спрямованості навчання майбутнього фахівця, повинна містити функції, які відбивають в якомусь ступені лабораторно-практичні форми занять. Приміром, ряд теоретичних положень можна розкрити на узагальненій задачі, у ході рішення якої проводиться теоретичне дослідження з прикладами лабораторних демонстрацій, і усе завершується формулюванням теоретичних положень лекцій.

"Сучасний етап розвитку освіти в Україні характеризується інтенсивними і цілеспрямованими пошуками принципово нового в теорії і практиці навчання, у керуванні навчальним процесом. Вузьке професійне навчання більше не є достатньою підготовкою до роботи" [4, с.26]. Знання мають властивість застарівати. Без змін, без постійного пошуку нового, прогресивного, більш зробленого немає прогресу. Це зовсім не означає заперечення всього того, що було досягнуто раніше. Навпаки, усе нове повинно будуватися на вже існуючому, що має позитивне значення. Результатом творчого пошуку викладача чи групи викладачів оригінальних, нестандартних рішень різноманітних методичних проблем є інноваційні технології навчання.

До нових технологій навчання можуть бути віднесені комп'ютерні, електронно-комунікативні, оригінальні дидактичні системи навчання [2], нестандартні методи керування навчально-виховним процесом і самостійною роботою студентів, аудіовізуальні засоби й ін. Наслідком інновацій як процесу пошуково-творчої діяльності є ріст професійної майстерності викладача, рівня його культури, формування визначеного фізичного мислення.

Таким чином, введення в навчальний процес інноваційних технологій веде до новотворів у цілісній системі особистості, як викладача, так і кожного студента. Викладач - це головний і незамінний фактор навчання і від нього залежить у величезному ступені успіх інновацій. Якщо викладач не сприймає інновацій, вони не можуть мати успіх.

Стрімке зростання обсягу інформації обумовлює необхідність її ретельного заелементного аналізу і раціонального добору. Протиріччя між масовим потоком нової

інформації і рамками навчально-виховного процесу створює труднощі (проблему) базового утворення і необхідність засвоєння мінімуму знань. Систематична робота з добору навчального матеріалу, що має визначену професійну значимість, а також його цілеспрямоване відновлення - одне з істотних джерел інноваційних процесів у дидактиці.

До основних інновацій у процесі навчання й освіти можна віднести наступні зміни:

- 1) у структурі системи навчання;
- 2) у змісті навчання, тобто в навчальних планах і програмах;
- 3) у технології і засобах навчання, у навчальному устаткуванні, наочних приладах, з використанням САПР у навчальному процесі;
- 4) в організації навчання за допомогою ПЕОМ і з застосуванням інформаційних систем і комп'ютерного моделювання [5, 6];
- 5) у навчанні в спеціалізованих (аудіовізуальних) аудиторіях і лабораторіях, з використанням електронного дидактичного матеріалу;
- 6) в оцінці результативності навчання за допомогою кредитної, рейтингової, тестової й іншої систем контролю і навчання;
- 7) у міжособистісних відносинах "викладач – студент".

Безпосередня робота по активізації лекцій і застосуванню інноваційних технологій повинна починатися з найпростіших заходів:

- оснащення лекційної аудиторії спеціальною аудіовізуальною технікою;
- забезпечення студентів мінімальним комфортом (освітлення вентиляція тощо);
- здійснення в аудиторії зворотного зв'язку "студент-лектор";
- забезпечення студентів спеціальними дидактичними пакетами, включаючи електронну бібліотеку тощо.

Висновки. Таким чином, інноваційні процеси в дидактиці виражають особливе відношення викладачів і студентів до вибору і застосуванню принципів, шляхів, засобів і методів вивчення навчального професійно-значимого матеріалу, до організації навчально-пізнавального процесу і їхнього співробітництва, до нововведень. Тому система вищої технічної освіти повинна мати якості цілісності, наступності, варіативності, адаптивності до різних особливостей студентів. В якості резюме треба відмітити, що наявність запропонованої бази для організації навчального процесу, диференціація лекційного матеріалу та лабораторно-практичного і семінарського циклів, здійснює передумови для активізації навчальної роботи студентів і початкового формування них як майбутніх сучасних фахівців.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Архангельский С.И. «Лекции по теории обучения в высшей школе» М., 1994г. 384 с.
2. Пирогов Н. И. Избранные педагогические сочинения. - М.: Педагогика, 1995.
3. Жуковский Н.Е. Полное собрание сочинений, М. - Л., 1997.
4. Інформаційний збірник Міністерства освіти і науки України. – Київ, «Освіта», №11, 2005р. – 31с.
5. Сергеев А.В, Самойленко П.И. О современной технологии обучения//Специалист. – 2006. - №6. – С.31-33.
6. Гулд М., Тобочник Ч. Компьютерное моделирование в физике: в 2 ч. Пер. с англ. – М.: Мир, 1999. Ч.1 – 349с.

Л. Г. Сергиенко (канд. пед. наук, доц.)

Индустриальный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ В ВЫСШЕМ ТЕХНИЧЕСКОМ УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ

Аннотация: В данной статье приведены элементы дидактики фундаментальной подготовки студентов горных специальностей (на примере физики) в высших технических

учебных заведениях. Обосновано значение современных лекционных, практических и лабораторных занятий с фундаментальной подготовки. Также приведен перечень основных инноваций в процессе обучения и образования в высшем техническом учебном заведении.

Ключевые слова: инновационная дидактика, фундаментальная инженерная подготовка, компоненты образования, индустриализация обучения, профессионально-интеллектуальные знания, умения и навыки.

L. Sergienko (Ph.D, Candidate of Pedagogical Sciences)

Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

VOCATIONAL AND INTELLECTUAL TRAINING OF FUNDAMENTAL DISCIPLINES IN HIGHER TECHNICAL SCHOOL

Annotation: This article describes the elements of didactics of fundamental preparation of students of mountain specialties (for example, physics) in the higher technical educational institutions. We prove the value of modern lectures, practical and laboratory classes with basic training. Also lists the major innovations in learning and education in higher technical educational institution.

Key words: innovative didactics, fundamental engineering training components of education, industrialization of education, vocational and intellectual knowledge and skills.

УДК 621.316.7

Л. Г. Сергієнко (канд. пед. наук, доц.),

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Т. С. Більмак

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ІНТЕГРАЦІЇ В ДИНАМІЧНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ І ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

Анотація: Робота присвячена аналізу проблем інтеграції і гібридизації в сучасних динамічних інтелектуальних системах. Архітектури динамічних інтелектуальних систем розглядаються в контексті інтеграції парадигми штучного інтелекту з моделями, методами і засобами з інших областей. Особлива увага приділяється архітектурам інтелектуальних систем управління і еволюції підходів до їх розробки.

Ключові слова: динамічні інтелектуальні системи, інтеграційні процеси, інтелектуальні системи управління, інтегровані експертні системи, системи автоматичного управління, імітаційне моделювання.

Постановка проблеми. На рубежі XX і XXI століть найбільш яскраво з'явилися тенденції до інтеграції досліджень в різних областях, що призвело до необхідності поєднання семантично різнорідних об'єктів, моделей, методологій, концепцій і технологій. Наприклад, створення переважної більшості прикладних інтелектуальних систем для задач реальної практичної значущості та складності вимагає тісної інтеграції парадигми штучного інтелекту (ШІ) з цілим рядом методів, підходів і технологій з інших областей, що є найбільш характерною особливістю поточного стану ШІ і обчислювальних наук, пов'язаних з технологічним ускладненням індустрії програмних засобів.

Як показано в [1, 2], ефективно і конкурентоспроможне функціонування сучасних підприємств і компаній в умовах постійно зростаючої складності вирішуваних завдань і швидкої зміни вимог споживачів сьогодні багато в чому визначається можливостями

спільного використання в інтелектуальних системах потужних методів системного аналізу та методів ШІ, продуктивних математичних і логіко-лінгвістичних моделей і методів дослідження, а також цілісних методологій проектування і відповідних інструментальних засобів (ІЗ) для підтримки розробки.

Як наслідок інтеграційних процесів виник широкий спектр проблемноспеціалізованих і предметно-спеціалізованих прикладних інтелектуальних систем, специфіка яких повністю визначається орієнтацією або на конкретні моделі і методи вирішуваних завдань, або на конкретні уявлення різних предметних областей.

Виникли принципово нові класи інтегрованих інтелектуальних систем [1, 2], в архітектурі яких поряд з традиційними для ШІ компонентами типу простих експертних систем (ЕС) з'явилися СУБД (БД), пакети прикладних програм розрахункового та графічного характеру, навчальні системи різної типології, окремі класи систем автоматичного управління, засоби імітаційного моделювання і т.д.

У контексті інтеграційних процесів новий розвиток отримали також ідеї гібридизації (як правило, в рамках однієї парадигми), які виникли в ШІ досить давно [3, 4], однак практичні реалізації стали можливими тільки завдяки сучасним ІЗ типу G2, NeurOn-Line, RTWorks та ін.

В цілому слід зазначити, що різноманітний спектр програмних архітектур прикладних інтелектуальних систем, для яких поки відсутня семантична уніфікація використовуваних термінів і єдина універсальна класифікація, хоча окремі класифікації інтелектуальних систем наводилися в [5-7], та найбільш системні дослідження інтеграційних процесів і приклади інтеграції в архітектурі інтелектуальних систем містяться в тритомній монографії [8-10].

Аналіз попередніх досліджень. Особливу значимість в сучасних умовах набувають динамічні інтелектуальні системи (ДІС) як результат інтеграції методів і засобів ШІ з класичними методами, що використовуються в традиційних динамічних системах, наприклад в системах автоматичного управління (САУ), імітаційного моделювання та ін. [7, 9]. Це пов'язано з тим, що результати досліджень в області ДІС сьогодні активно затребувані в сфері комерційних і промислових додатків, оскільки традиційні технології вже не можуть забезпечити підвищення якості управління та прийняття рішень, особливо при створенні і використанні висококритичних технологічних комплексів і систем цивільного і військового призначення в умовах зростання інформаційних ризиків і впливу позаштатних ситуацій управління функціонуванням систем, наявності людського фактора, і т.д. [7-10].

Окремі класи ДІС, зокрема динамічні ЕС, в тому числі функціонують в реальному часі (ЕС РВ), вже мають багаторічну історію досліджень, починаючи з перших динамічних ЕС і ЕС РВ середини 1980-х рр. (Детальний огляд подібних систем міститься в [11], а також в зарубіжних публікаціях [12-14]).

Більш складний клас ДІС - динамічні інтегровані експертні системи (ІЕС) стали розвиватися з кінця 1990-х рр., В тому числі на основі використання задачно-орієнтованої методології побудови ІЕС в статичних і динамічних проблемних областях (ПрО) [1, 8]. Огляд вітчизняних розробок, пов'язаних зі створенням прикладних динамічних ІЕС, представлений в [1, 7, 9, 10, 15].

Приблизно в той же період почали активно розвиватися інші, концептуально близькі до динамічних ІЕС, класи ДІС - інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень [14], в рамках яких вперше стали розглядатися питання інтеграції ЕС РВ з розвиненими розрахунково-моделюючими і графічними засобами. На початку ХХІ століття пік популярності припав на новий клас ДІС - інтелектуальні системи управління (ІСУ) технічними об'єктами і процесами на основі автоматичного управління автономною цілеспрямованою поведінкою програмно-технічних систем та ін.

Інша частина досліджень в області ДІС сьогодні пов'язана зі створенням інтелектуальних програмних агентів і їх колективів, тобто мноагентних систем (МАС), в основі яких лежить завдання моделювання поведінки, тобто здатності інтелектуальних систем самостійно синтезувати послідовність дій для досягнення деякого цільового стану.

Історія інтелектуального управління та створення відповідних ІСУ налічує вже понад 40 років, з тих пір як моделі, методи і засоби, які традиційно відносяться до галузі ШІ,

почали активно використовуватися в теорії і практиці управління, а програмно-апаратні розробки, включені до складу систем автоматичного управління (САУ), стали називати інтелектуальними компонентами (модулями) таких систем управління.

Мета статті – аналіз проблем інтеграції і гібридизації в сучасних динамічних інтелектуальних системах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Оскільки завдання і методи теорії автоматичного управління розвивалися і еволюціонували практично одночасно з завданнями і методами ІІІ, то взаємопов'язані інтеграційні процеси не могли не сформувати на стику цих дисциплін нову область - інтелектуальне управління (в деяких ранніх роботах, зокрема, використовувався термін «інтелектне управління », що визначалося відсутністю єдиного трактування англомовного словосполучення « intelligent control »), під яким, в даний час розуміється автоматичне керування автономною цілеспрямованою поведінкою програмно-технічних систем.

Під системами інтелектуального управління (ІСУ) маються на увазі системи, в контурі управління яких при формуванні керуючих впливів використовуються відповідні пристрої обробки інформації.

У теорії автоматичного управління класична процедура синтезу керуючого пристрою (регулятора) включає, як правило, такі етапи як:

- створення математичної моделі об'єкта управління (диференціальні, різницеві і інтегральні рівняння, частотні характеристики і т.д.);
- розробка вимог, що пред'являються до функціонування САУ в цілому;
- розробка архітектури, складу, структури і параметрів регуляторів (у вигляді аналітичних залежностей).

Однак в реальній практиці, особливо при створенні систем управління складними технічними системами (СТС) [1, 9] і розподіленими додатками, подібна схема виявляється важкореалізовуваною, оскільки: неможливо побудувати точну математичну модель СТС; виникають додаткові джерела зовнішніх збурень, наприклад, так звані експлуатаційні параметри в системах управління електрофізичними комплексами [1, 8, 9], які складно враховувати через їх невизначеність і нестабільність; вимоги користувачів до розроблюваної СТС виявляються суперечливими, наближеними і ін. У зв'язку з цим питання синтезу регуляторів виходять за рамки використання традиційних алгоритмів управління навіть для простих типів СТС, тим більше тоді, коли об'єкт управління є багатовимірним, описується диференціальними рівняннями високого порядку, має нелінійні характеристики і т.д .

Таким чином, концентрація ідей інтелектуального управління, наприклад, пов'язана з побудовою інтелектуальних САУ або ІСУ нового покоління, заснованих на використанні моделей, методів і технологій ІІІ (передбачають, в тому числі, відмову від необхідності побудови точних математичних моделей об'єктів і «жорстких» алгоритмів формування керуючих впливів), а також включенням в інтелектуальні САУ таких додаткових функцій, як: прийняття рішень, планування поведінки, навчання і самонавчання в умовах динамічної проблемної області.

Для побудови ІСУ в даний час запропоновано багато різних підходів (обробка нечіткої інформації, нейромережеві методи, еволюційне моделювання, МАС і т.д.), однак найбільші результати були досягнуті при використанні методів інженерії знань і створення ІСУ на базі технологій ЕС РВ і динамічних ІЕС [1, 7, 9].

Сучасні підходи до створення ІСУ розробляються на основі інтеграції окремих класів ДІС, зокрема динамічних ІЕС, з традиційними САУ. Використання технології динамічних ІЕС в цьому випадку пов'язане з розширенням можливостей управління динамічними системами шляхом включення складних завдань, які не мають аналітичного уявлення, а також з обробкою неповної, невизначеною, нечіткої та ін. інформації, що містить НЕ-фактори знань [1, 8]. Тому архітектури подібних систем будуються, як правило, на основі дворівневих динамічних моделей, одна з яких пов'язаний із стратегіями поведінки систем (найчастіше формується на основі неформалізованих задач), а інша забезпечує реалізацію конкретних математичних моделей.

Таким чином, на верхньому рівні управління ІСУ здійснюється обробка інформації для таких завдань управління, в яких важлива роль належить експертним знанням людини, тобто залежності в моделі об'єкта управління настільки складні, що не допускають коректної математичної формалізації.

Можна навести практичний приклад застосування дворівневої ІСУ, пов'язаної з рішенням задачі моделювання динаміки сучасних безпілотних вертольотів, де велика складність математичної моделі об'єкта управління становить серйозну перешкоду для розробки, як методів автоматизації окремих режимів польоту вертольота, так і польоту в цілому.

Як показано в [9], в динамічних ІЕС, що розробляються на основі задачно-орієнтованої методології [1], важливе значення набувають також питання інтеграції з методами і засобами імітаційного моделювання СТС. Тут головною метою залучення імітаційного моделювання, є необхідність моделювання зовнішнього світу в РВ і включення в архітектуру систем подібного типу, відповідних підсистем, які адекватно відображають всі процеси і закони функціонування модельованих систем, як невід'ємного етапу побудови динамічних ІЕС.

Ефективним засобом реалізації ІСУ на базі динамічних ІЕС є інструментальна система G2 (Gensym Corp.), на основі використання якої вже накопичений значний досвід створення динамічних ІЕС для задач управління СТС, зокрема, для управління сучасним електрофізичним комплексом [1, 9, 15]. Детальний опис теорії і технології побудови динамічних ІЕС для задач інтелектуального управління міститься в [1, 7, 9].

Активно розвивається динамічна версія вітчизняного інструментального комплексу АТ-ТЕХНОЛОГІЯ, підтримує задачно-орієнтовану методологію побудови динамічних ІЕС (описаний в [1,8-10,]).

У ІСУ на базі архітектур розподіленого ШІ і МАС основу інтелектуального управління складають дослідження в області планування поведінки, тобто здібностей інтелектуальної системи синтезувати послідовність дій для досягнення бажаного цільового результату. Для створення ефективних методів такого синтезу крім класичного планування в даний час активно розробляються методи побудови планувальників, в тому числі інтелектуальних [1, 8], залучаються темпоральні (часові) логіки для керування плануванням і опису часових залежностей, наприклад [9] та ін.

Підвищення уваги до проблем розподіленого ШІ і технології МАС обумовлено також необхідністю розпаралелювання пошуку та обробки інформації в ІСУ, питаннями організації взаємодії агентів різної типології і ін.

Гібридизація також є одним із способів створення оптимальних архітектур ДІС шляхом інтеграції різнорідних моделей, методів, алгоритмів і процедур, причому найбільш добре досліджені гібридні архітектури інтелектуальних агентів і МАС.

Досить належний ефект приносить гібридизація методів динамічних ІЕС з нейронними мережами (нейроуправління), методами еволюційного і генетичного моделювання та іншими підходами, що залучаються для реалізації інтелектуального управління.

Висновки. Таким чином, якщо до недавнього часу постановка і рішення задач управління в САУ спиралася на традиційні математичні моделі (наприклад, у формі диференціальних або кінцево-різницевого рівняння динаміки керованого процесу), то в даний час відбувається активна еволюція завдань і методів управління в бік інтелектуального управління, зокрема, управління технічними системами. Найбільш розвиненими і просунутими тут є ІСУ, реалізовані на основі інтеграції традиційних САУ і динамічних ІЕС.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рибіна Г.В. Теорія і технологія побудови інтегрованих експертних систем / Монографія. - М.: Научтехлітздат. 2008. - 482 с.
2. Рибіна Г.В. Сучасні інтелектуальні системи: проблеми інтеграції та особливості створення програмного забезпечення // Прилади і системи. Управління, контроль, діагностика. 2011. №3. С.12-34.
3. Колесніков А.В. Гібридні інтелектуальні системи. Теорія і технологія розробки. - СПб.: Изд-во СПбГТУ. 2001. - 711 с.

4. Батиршін І.З., Недосекин А.О., Стецько А.А., Тарасов В.Б., Язенін А.А., Ярушкіна Н.Г. Нечіткі гібридні системи. Теорія та практика. - М.: Физматлит. 2007. - 208с.
5. Болотова Л.С. Системи штучного інтелекту: моделі та технології, засновані на знаннях. - М.: Фінанси і статистика. 2012. - 664 с.
6. Рибіна Г.В. Основи побудови інтелектуальних систем. - М.: Фінанси і статистика. 2014. - 432 с.
7. Рибіна Г.В., Паронджанов С.С. Технологія побудови динамічних Інтел-ної систем. - М.: НІЯУ МІФІ. 2011. - 240 с.
8. Рибіна Г.В. Інтелектуальні системи: від А до Я. Серія монографій в 3 книгах. Книга 1. Системи засновані на знаннях. Інтегровані експертні системи. - М.: Научтехлітіздат. 2014. - 224 с.
9. Рибіна Г.В. Інтелектуальні системи: від А до Я. Серія монографій в 3 книгах. Книга 2. Інтелектуальні діалогові системи. Динамічні інтелектуальні системи. - М.: Научтехлітіздат. 2015. - 164 с.
10. Рибіна Г.В. Інтелектуальні системи: від А до Я. Серія монографій в 3 кни-гах. Книга 3. Проблемно-спеціалізовані інтелектуальні системи. Інструментальні засоби побудови інтелектуальних систем. - М.: Научтехлітіздат. 2015. - 180 с.
11. Попов Е.В., Фоміних І.Б., Кисіль Є.Б., Шапот М.Д. Статичні і динамічні експертні системи. - М.: Фінанси і статистика, 1996. - 320с.
12. Singh A., Verma M. Real Time Expert System - Its Applications // IJCSI Interna-tional Journal of Computer Science Issues. 2010. V. 1. Issue 2. No 2. P. 150-153.
13. Laffey T.J., Cox P.A., Schmidt J.L., Kao S.M., Read J.Y. Real-Time Knowledge-Based Systems // AI Magazine. 1988. V. 9. No 1. P. 27-45.
14. Fedra K., Winkelbauer L. A Hybrid Expert System, GIS, and Simulation Modeling for Environmental and Technological Risk Management // Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. 2002. V. 17. Issue 2. P. 131-146.
15. Рибіна Г.В. Практичне застосування задачного-орієнтованої методології побудови інтегрованих експертних систем (огляд програм в статичних і динамічних проблемних областях) // Прилади і системи. Управління, контроль, діагностика. 2011. №12. С. 10-28.

Л. Г. Сергиенко (канд. пед. наук, доц.),

Індустріальний інститут ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Т. С. Бильмак

Індустріальний інститут ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ В ДИНАМИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ И ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Аннотация: Работа посвящена анализу проблем интеграции и гибридизации в современных ди-намических интеллектуальных системах. Архитектуры динамических интеллектуальных систем рассматриваются в контексте интеграции парадигмы искусственного интеллекта с моделями, методами и средствами из других областей. Особое внимание уделяется архитектурам интеллектуальных систем управления и эволюции подходов к их разработке.

Ключевые слова: динамические интеллектуальные системы, интеграционные процессы, интеллектуальные системы управления, интегрированные экспертные системы, системы автоматического управления, имитационное моделирование.

L. Sergienko (Ph.D, Candidate of Pedagogical Sciences),
Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»
T. Bilmak
Industrial institute of SHEE «Donetsk National Technical University»

ANALYSIS OF DYNAMIC INTELLIGENT SYSTEMS INTEGRATION PROBLEM AND FEATURES OF MODERN INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS

Annotation: *The work contains the analysis of the problems of integration and hybridization in today's dynamic intelligent systems. The dynamic intelligent systems architecture in the context of in-tegration paradigm of artificial intelligence with models, methods and tools from other areas is examined. The special attention is paid to intelligent control and the evolution of approaches to building intelligent control systems.*

Key words: *dynamic intelligent systems, integration processes, intelligent control systems, integrated expert systems, automatic control systems, simulation modeling.*

УДК 374.14

О. Ю. Цимбал (канд. пед. наук, доц.)
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

СИСТЕМНІ АСПЕКТИ В УПРАВЛІННІ ПІДГОТОВКОЮ ФАХІВЦЯ

Анотація. *В статті порушено питання керування навчальним процесом на засадах системного підходу, використовуючи закон кібернетики. Системний підхід дозволяє розглянути освітній процес як цілісну систему, а студентів і викладачів як її елементи. Автор вдався до спроби застосувати закон Ешбі для усвідомлення способів управління навчальним процесом і оцінки їх ефективності та перспектив.*

Ключові слова: *системний підхід, освітня система, керуюча та керована підсистеми, стан рівноваги, зворотній зв'язок.*

Постановка проблеми. Підготовка майбутніх спеціалістів до професійної діяльності є стратегічною метою навчання у ВНЗ. Тактичні цілі, що досягаються в освітньому процесі – формування професійного мислення, розвиток студента через навчання.

Ґрунтуючись на системному підході, визначаємо навчання як цілісну систему, що складається з взаємопов'язаних елементів, котрі утворюють певну сукупність завдяки наявності між ними внутрішніх зв'язків, а саме: а) *зміст навчання*, у тому числі навчального предмета, в якому систематизовані знання для засвоєння студентами; б) *викладання*, тобто діяльність викладача, яка полягає у формуванні у студентів мотивів навчання, у викладанні змісту предмету, в організації діяльності студентів, в управлінні і керівництві їх самостійною роботою, спрямованою на вивчення і використання знань, в перевірці та оцінюванні знань і умінь; в) *учіння*, тобто різнобічної діяльності студентів, зокрема розумових і фізичних дій; г) *матеріальні засоби навчання* (підручники, навчальні посібники, технічні засоби, прилади тощо).

У презентованому дослідженні увага приділена двом активним елементам зазначеної системи, що здійснюють її функціонування (педагог і студент), являються суб'єктами освітнього процесу та педагогічної взаємодії, і зазнають керівного впливу або здійснюють його.

Аналіз останніх досліджень і публікацій із проблеми ефективності управління освітнім процесом засвідчує, що порушене питання є комплексним і залежить від структури освітніх систем, елементів та їх співвідношень, їх розвитку та своєчасності змін. Зазначеним проблемам присвячені праці М. Бурди, І. Зязюна, В. Кременя, В. Лугового, В. Лутая, С. Ніколаєнка, В. Олійника, О. Савченко, М. Ярмаченка та ін.

Мета статті полягає в обґрунтуванні можливості застосування закону Ешбі в керуванні освітнім процесом та виявлення шляхів підвищення його ефективності.

Виклад основного матеріалу В науковій літературі стверджується, що будь-який вплив ззовні на систему з метою підтримання або зміни її алгоритму функціонування є управлінням. В навчанні, як і в інших керованих процесах, здійснюється система цілеспрямованих впливів, результатом яких є перетворення діяльності студентів, набуття ними певної системи знань і вмінь. Дане перетворення має бути найбільш ефективним.

Тож, виходячи з системного підходу до навчання та мети навчання, з точки зору ефективного керування процесом спробуємо застосувати «закон Ешбі»: ефективність управління досягається, коли різноманітність впливів керуючої підсистеми перевищує різноманітність проявів керованої підсистеми [1]. Інакше кажучи, система управління повинна мати можливість змінювати свій стан у відповідь на можливу трансформацію об'єкта управління; різноманітність змін об'єкта управління вимагає відповідної йому різноманітності можливих станів керуючої системи. Якщо ж така адекватність в системі відсутня, то це є наслідком недостатньої різноманітності елементів в організаційній побудові (структурі) зазначених частин. Тобто, така система управління буде малоефективною, тому що не зможе відповідати завданням управління, які висувуються. Стан відповідності зазначених підсистем не є постійним, тому і процес збалансування здійснюється перманентно.

Керована система (студент, його знання, уміння, власний досвід навчальної діяльності) знаходиться в одному стані до того моменту, поки для її нормального функціонування не потрібно спеціального (нового) керуючого впливу. Якщо такий вплив потрібен, то це означає, що об'єкт перейшов у новий стан (студент дізнався, навчився, збільшив власний досвід). Щоразу, коли виникає невідповідність між управлінськими структурами і збільшеною мірою різноманітності керованої системи, відбувається неминуча втрата ефективності управління. Таким чином, управління може бути ефективним лише за умови, що підсистема, що управляє (викладачі, форми і методи педагогічної діяльності, власний досвід), по мірі різноманітності перевершує керовану (знання, уміння, навчальний досвід студентів).

Закон необхідної різноманітності має принципове значення для розробки оптимальної структури системи управління. Він справджується не тільки для деяких технічних систем, а має фундаментальне значення і для інших складних систем, таких як біологічні, економічні, соціальні тощо. І хоча кількісну оцінку необхідної різноманітності для таких систем отримати важко, усе ж бажано врахування цього закону на якісному рівні.

Розроблено кілька шляхів вдосконалення організації управління, які дають можливість привести до відповідності керуючу й керовану системи. З великою вірогідністю, вони можуть бути застосованими і в управлінні освітньою діяльністю.

Збільшення потужності механізмів регулювання і управління за рахунок зростання чисельності апарату управління, механізації і автоматизації управлінських робіт в освітньому процесі використовується давно і втілюється у використанні комп'ютерів і комп'ютерних технологій та за рахунок залучення додаткових людських ресурсів. Проте, механізм управління, як система штучна, не здатний породжувати нові стійкі форми більш високого порядку. Тому вирішити проблему приведення різноманітностей керуючої і керованої підсистем у відповідність шляхом постійного підвищення міри різноманітності самих управлінських структур є неможливим [2]. У певний момент реальним результатом її діяльності стає рішення задачі оптимізації власного існування. В результаті рівень розбіжності цілей компонентів системи з цілями системи вищого рангу починає наростати. Відбувається те, що називається процесом виродження системи.

Визначено варіант управління, при якому створюється простий і зручний механізм для обмеження варіативності керованої системи. Це було б прийнятно, якби керована система не змінювалась, або зміни відбувалися лише в запланованих межах. Зазначимо, що метою навчання студентів у ВНЗ є його розвиток, формування професійного мислення, тобто внутрішні зміни. Саме ця особливість і не дає керованій підсистемі інваріантності. Як впливає із закону «необхідної різноманітності», подібний варіант не тільки не забезпечить

ефективного управління навчальним процесом, а спричинить протилежний ефект і може дестабілізувати систему загалом. Навчання втрачає сенс.

Організаційне та змістовне спрощення підсистем, або зниження рівня вимог до управління не вирішить згадану проблему. Скорочення числа постійно контрольованих і регульованих параметрів керованої системи (рівень знань і вмінь студентів, якість викладання, спрощення форм і методів навчання) не завжди бажано з урахуванням якості результату [3]. Причина та сама, що і в попередньому варіанті – постійна зміна керованої підсистеми.

Існує можливість через збільшення форм, способів, методів, технологій в навчальній діяльності досягати різноманіття й удосконалення керівної системи. Це найбільш вживаний метод досягти збалансованості зазначених підсистем. Проте, існує певне їх обмеження, тобто настає той час, коли дане різноманіття не має ще не застосованих варіантів, або вони втратили свою актуальність і ефективність.

З метою перевірки ефективності управлінського впливу використовується зворотній зв'язок. Без наявності зворотного зв'язку між взаємопов'язаними і взаємодіючими елементами, частинами або системами неможлива організація ефективного управління ними на наукових принципах [4]. Всі організовані системи є відкритими, і замкнутість їх забезпечується тільки через прямий (вплив) і зворотній (реакція) зв'язок. Необхідною умовою їх ефективного функціонування є наявність зворотного зв'язку, що сигналізує про досягнутий результат. Будь-який з зазначених вище способів збалансування різноманітності керуючих впливів на керовану підсистему породжує відповідну реакцію. На підставі цієї інформації коригується керуючий вплив. Аналіз цієї реакції надає можливість або прийняти даний вплив як ефективний, або змінити його на більш дієвий. Тобто, зворотний зв'язок робить систему гнучкою і здатною стабільно функціонувати у певних умовах. Якщо зміни умов існування будуть впливати на склад системи, на функції окремих її елементів, то знову таки зворотний зв'язок буде вирівнювати всі сили, що діють всередині системи, приводячи її в стан відносної динамічної рівноваги у відповідності із плінними умовами чи навіть приводячи до створення нової урівноваженої системи. Роль зворотного зв'язку дуже важлива – відновлення нормальної роботи системи, порушеною зовнішніми і внутрішніми факторами, тобто здатність систем до саморегулювання і самоорганізації (адаптації).

Сучасні теорії навчання групуються навколо двох його характеристик, а саме: по-перше, навчання розуміють як управління процесом учіння, по-друге, виявлення можливостей пізнавальної активності студентів, формування у них умінь здобувати знання самостійно [5]. Тож, особливої важливості набуває спосіб самореалізації особистості в навчальній діяльності, професійного розвитку, що виражається в здатності студента адаптуватися в постійно поновлюваній освітній, соціокультурній ситуації, його потребі виявляти активність, самостійно організовувати взаємодію з викладачем, в усвідомленні ним відповідальності за створення умов власного розвитку.

Тобто, прийнятним надійним способом приведення у відповідність керуючих і керованих підсистем є самоорганізація об'єктів управління за допомогою обмеження контрольованих параметрів і створення саморегульованих підсистем або елементів. Навчання, організоване в такий спосіб, безпосередньо орієнтоване на розвиток особистості студента як суб'єкта творення власної професійної компетентності, сфер його психічного, духовного розвитку, він реально творить себе і свій навчальний простір, який постає значущою частиною життєвого, формує життєві принципи, позиції, пріоритети. До того ж, реалізація самоорганізації в навчальному процесі допомагає студентові навчитись визначати свої навчальні потреби та їх реалізовувати.

Управління навчальною діяльністю повинно полягати у створенні умов для розвитку потреб, мотивів і цілей діяльності. Жорсткість управління повинна поступово зменшуватися і вести студентів до самоуправління на основі їх особистісного зростання. Управління має здійснюватися в плані актуалізації психічних можливостей студента.

Зважаючи на наведене вище, можна зробити висновок: для забезпечення ефективності управління навчальним процесом на основі приведення керуючої підсистеми (де суб'єкт –

викладач) у відповідність з різноманітністю керованої (де суб'єкт – студент) необхідно забезпечити передачу частини управлінських функцій від викладача до студента.

Однак у результаті цього збільшується різноманітність не тільки керуючої підсистеми, але й керованої, з часом знову зумовлюючи необхідність передачі певних управлінських функцій тощо. В ієрархічно найвищій системі відбувається дезінтеграція її жорстко організованої централізованої керуючої структури. Ослаблення або повне припинення неефективного управління призводить до реалізації умов закону необхідної різноманітності Ешбі. В системі починається активна самоорганізація нових підсистем, тому що базовою системною метою будь-якої структури є забезпечення власного існування. Завдяки первісній множинності, відносній автономії, порівняно великій кількості ступенів свободи і конкуренції, виживання цих систем пов'язано головним чином з досягненням максимальної ефективності діяльності. Збільшується різноманітність не тільки керуючої підсистеми, але й керованої, з часом знову зумовлюючи необхідність передачі певних управлінських функцій [6].

Зазначений процес є абсолютно об'єктивним, неминуче спричиняючи розвиток моделей, де управління навчальним процесом передається від викладача до студента. На нашу думку, зазначений висновок справджується і в управлінні системою вищої освіти, результатом чого є підвищення автономності університетів.

На думку професора теоретичної фізики Мітіо Каку [7], викладача, знаного у світі, не потрібно перевантажувати мозок студентів марними знаннями, основний відсоток яких, як показує практика, згодом не використовується. Звільнений розумовий резерв переорієнтується на розвиток здатності думати, аналізувати, аргументувати і приймати вірні рішення. Щоб домогтися реального успіху, потрібно розвивати ті здібності, які недоступні роботам: креативність, уяву, ініціативу, лідерські якості. А управління власним навчальним процесом дає потужну основу для їх розвитку.

Висновки. Таким чином, за системного підходу закон Ешбі можна застосувати в системі освіти для визначення оптимального співвідношення різноманітності керуючої й керівної підсистем, що допомагає побачити причини недоліків її функціонування і шляхи їх усунення, та є необхідною умовою для підвищення її ефективності.

Перспективи вивчення порушеної проблеми вбачаємо у практичному підтвердженні зазначених вище теоретичних висновків.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Эшби У. Р. Введение в кибернетику / У. Р. Эшби . – М. : Издательство иностранной литературы, 1959. – 432 с.
2. Арнольд В. И. Теория катастроф / В. И. Арнольд . – [3-е изд. доп.]. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 127 с
3. Закон необходимого разнообразия [Електронний ресурс]. – Режим доступа : http://life-prog.ru/1_27396_zakon-neobhodimogo-raznoobraziya.html. – Назва з титул. екрана.
4. Законы и принципы кибернетики, применяемые в управлении организациями [Електронний ресурс] – Режим доступа : http://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php?index=16&tutindex=3 . – Назва з титул. екрана.
5. Менчинская Н.А. Психология формирования и развития личности / Н.А.Менчинская – М.: Наука, 1981.
6. Пастовенський О. В.. Тенденції розвитку системи управління загальною середньою освітою в умовах зростання різноманітності освітніх систем / О. В. Пастовенський . - Вісник Житомирського державного університету : [зб. наук. ст] Випуск 61. Педагогічні науки. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2012.
7. Митио Каку: Учеба уже не будет базироваться на запоминании [Електронний ресурс] / Каку Митио . – Режим доступа : <http://www.dsnews.ua/society/mitio-kaku-ucheba-uzhe-ne-budet-bazirovatsya-na-zapominanii-28082014231600>

О. Ю. Цимбал (канд. пед. наук, доц.)

Черкасский национальный университет имени Богдана Хмельницкого

СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ В УПРАВЛЕНИИ ПОДГОТОВКОЙ СПЕЦИАЛИСТОВ

Аннотация. В статье затронуты вопросы управления образовательным процессом на основе системного подхода, используя закон кибернетики. Системный подход позволяет рассмотреть образовательный процесс как целостную систему, а студентов и преподавателей как ее элементы. Автором предпринята попытка применить закон Эшби для осознания способов управления учебным процессом и оценки их эффективности и перспектив.

Ключевые слова: системный подход, образовательная система, управляющая и управляемая подсистемы, состояние равновесия, обратная связь.

O. Tsymbal (Ph.D, Candidate of Pedagogical Sciences)

Bohdan Khmelnytsky National University at Cherkasy

SYSTEMIC CRITERIA FOR MANAGEMENT SPECIALISTS' TRAINING

***Annotation:** Nowadays education aimed at training of future specialists for their professional career. According to the systematic educational approach, education is a complete system consisting of interrelated elements that form a particular set.*

Purpose lies in the reasoning of the Ashby's Law relevance in the educational management and in the identifying of the ways of increasing its effectiveness.

***Key words:** systematic approach, educational system, managed and non- managed subsystems, balance; feedback.*

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Алтухова Тетяна Володимирівна – асистент кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Альдаїрі Алі – аспірант ОНПУ «Одеський національний політехнічний університет»

Андренко Павло Миколайович – д-р техн. наук, професор, професор кафедри гідропневмоавтоматики і гідроприводу Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Артеменко Юрій Анатолійович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електричної інженерії ДВНЗ Донецький національний технічний університет

Бильмак Тетяна Сергіївна – магістрант Індустріального інституту ДВНЗ «ДонНТУ»

Близнюк Євгенія Василівна – магістрант Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Богданова Ольга Миколаївна – магістрант Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Василькевич Віктор Іванович – науковий співробітник НДІГМ ім. М. М. Федорова, Київська філія, м. Київ

Васюченко Павло Вікторович – канд. пед. наук, доцент, доцент кафедри електроенергетики Українська інженерно-педагогічна академія (м. Харків)

Вербна Тетяна Павлівна – магістрант Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Водічев Володимир Анатолійович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри електромеханічних систем з комп'ютерним управлінням ОНПУ «Одеський національний політехнічний університет»

Владіміров Едуард Олександрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електромеханічних систем Навчально-наукового професійно-педагогічного інституту Української інженерно-педагогічної академії (м. Бахмут)

Гавенко Олег Володимірович – студент Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Гого Володимир Бейлович – д-р техн. наук, професор, професор кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Гонтар Максим Миколайович – асистент кафедри автоматики та електроприводу ДВНЗ Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Гончарова Вікторія Михайлівна – асистент кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Деркач Олександр Олександрович – студент ДВНЗ Донецький національний технічний університет

Дзержинська Ольга Віталіївна – аспірант Донбаська державна машинобудівна академія

Довгаль Юлія Сергіївна – магістрант ДВНЗ Донецький національний технічний університет

Дорохов Микола Юрійович – канд. техн. наук, доцент кафедри «Підйомно-транспортні машини» Донбаська державна машинобудівна академія

Дубінін Михайл Валерійович – молодший науковий співробітник НДІГМ ім. М. М. Федорова, Київська філія, м. Київ

Євдокімов Олексій Миколайович – студент Індустріального інституту ДВНЗ «ДонНТУ»

Євтушенко Дмитро Демидович – студент Індустріального інституту ДВНЗ «ДонНТУ»

Єрмишев Володимир Анатолійович – студент ДВНЗ Донецький національний технічний університет

Жук Дар'я Валентинівна – магістрант Індустріального інституту ДВНЗ «ДонНТУ»

Залужна Галина Володимирівна – канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри електромеханічних систем Навчально-наукового професійно-педагогічного інституту Української інженерно-педагогічної академії (м. Бахмут)

Запороженко В'ячеслав Віталійович – магістрант ДВНЗ Донецький національний технічний університет

Зіненко Максим Вікторович – студент ДВНЗ Донецький національний технічний університет

Зінов'єв Сергій Миколайович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Зубенко Юрій Данилович – канд. екон. наук, доцент, доцент кафедри менеджменту Індустріального інституту ДВНЗ «ДонНТУ»

Ільїн Сергій Ростиславович – канд. техн. наук, доцент кафедри гірничої механіки ДВНЗ «Національний гірничий університет»

Калиниченко Валерій Вікторович – канд. техн. наук, завідувач кафедри інженерної механіки ДВНЗ Донецький національний технічний університет

Калінський Олександр Петрович – студент Індустріального інституту ДВНЗ «ДонНТУ»

Ковалевський Сергій Васильович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електромеханічних систем Навчально-наукового професійно-педагогічного інституту Української інженерно-педагогічної академії (м. Бахмут).

Кодунов Борис Олексійович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри розробки пластових родовищ Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Козій Ігор Андрійович – магістрант Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Колларов Олександр Юрійович – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри електричної інженерії ДВНЗ Донецький національний технічний університет

Коломієць Леонід Володимирович – д-р техн. наук, професор, ректор Одеської державної академії технічного регулювання та якості

Кондратенко Віктор Григорович – канд. тех. наук, доцент, доцент кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Крупко Валерій Григорович – канд. техн. наук, доцент кафедри «Підйомно-транспортні машини» Донбаська державна машинобудівна академія

Крупко Ігор Валерійович – канд. техн. наук, доцент кафедри «Підйомно-транспортні машини» Донбаська державна машинобудівна академія

Кудлатий Євген Валерійович – студент Індустріального інституту ДВНЗ «ДонНТУ»

Куценко Сергій Олександрович – магістрант Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка

Куцербов Валерій Михайлович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри геотехнології і охорони праці Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Лебедев Антон Юрійович – канд. техн. наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Лимаренко Олександр Михайлович – канд. техн. наук, доцент Одеський національний політехнічний університет

Лимаренко Аліна Сергіївна – старший науковий співробітник Одеська державна академія технічного регулювання та якості

Ломакін Андрій Олександрович – асистент, старший лаборант кафедри практичної психології Українська інженерно-педагогічна академія

Любименко Олена Миколаївна – канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри електричної інженерії ДВНЗ Донецький національний технічний університет

Мазур Денис Євгенович – студент ДВНЗ Донецький національний технічний університет

Малтиз Станіслав Сергійович – студент ДВНЗ Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара

Медяник Володимир Юрійович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри підземної розробки родовищ ДВНЗ «Національний гірничий університет»

Михайленко Олексій Володимирович – магістрант Індустріального інституту ДВНЗ «ДонНТУ»

Михайлов Олексій Ігорович – студент Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Мінтус Андрій Миколайович – канд. техн. наук, доцент Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка

Мітін Вадим Ігорович – студент ДВНЗ Донецький національний технічний університет

Моїсєєнко Лариса Миколаївна – канд. іст. наук, доцент кафедри загальнонаукової підготовки Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Нелюба Дмитро Миколайович – канд. техн. наук, доцент кафедри автоматики і електропривода ДВНЗ Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Нємцев Едуард Миколайович – старший викладач кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Несторук Наталя Анатоліївна – канд. пед. наук, доцент кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Нестеренко Василь Миколайович – канд. техн. наук, доцент кафедри геотехнологій і охорони праці Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Остренко Дмитро Олександрович – студент ДВНЗ Донецький національний технічний університет

Олійник Екатерина Сергіївна – студентка ДВНЗ «Національний гірничий університет»

Панасенко Євгенія Віталіївна – магістрант Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Парфенюк Олександр Сергійович – доктор технічних наук, професор, зав. кафедри обладнання перероблювальних технологічних комплексів ДВНЗ Донецький національний технічний університет

Петелін Едуард Анатолійович – канд. техн. наук, декан факультету технології і організації виробництва Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Петрова Ніна Анатоліївна – студентка Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Поліщук Наталя Олександрівна – канд. екон. наук, доцент кафедри економіки і підприємництва Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Пономарьов Сергій Володимирович – студент Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Придятько Ігор Владиславович – старший викладач кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Пупченко Артур Ігорович – студент ДВНЗ Донецький національний технічний університет

Пупченко Владислав Ігорович – студент ДВНЗ Донецький національний технічний університет

Пуханов Олександр Олександрович – канд. екон. наук, старший викладач кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Пуханова Людмила Сергіївна – канд. пед. наук, доцент

Рева Олександр Олегович – студент Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Самофалов В'ячеслав В'ячеславович – студент Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Самофалова Тетяна Володимирівна – ст. викладач кафедри загальнонаукової підготовки Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Сергієнко Ліана Валеріївна – канд. тех. наук, науковий співробітник відділу управління станом гірничого масиву, Інститут Фізики Гірничих Процесів Національної Академії Наук України, м. Дніпро.

Сергієнко Людмила Григорівна – канд. пед. наук, доцент, доцент кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Сергієнко Олександр Іванович – канд. тех. наук, доцент, доцент кафедри геотехнологій і охорони праці Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Сивокобиленко Віталій Федорович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Символ Віталій Олександрович – студент Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Сироватченко Вікторія Олексіївна – лаборант кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Сидоров Олексій Анатолійович – старший викладач кафедри проектування та конструкцій літальних апаратів ДВНЗ Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара

Сільвестров Антон Миколайович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри теоретичної електротехніки ДВНЗ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Скрипник Савелій Олександрович – студент Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Славінський Віктор Олександрович – студент Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Соболь Євген Анатолійович – магістрант Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Устенко Сергій Анатолійович – д-р техн. наук, доцент, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії Миколаївського національного університету імені В.О. Сухомлинського

Фідровська Наталія Миколаївна – доктор технічних наук, професор, професор кафедри металоріжучого обладнання і транспортних систем Українська інженерно-педагогічна академія

Хейло Анна Олександрівна – магістрант Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Цимбал Оксана Юріївна – канд. пед. наук, доцент, доцент кафедри педагогіки вищої школи і освітнього менеджменту Черкаський національний університет ім. Богдана Хмельницького

Чашко Марк Васильович – канд. техн. наук, с. н. с., доцент кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Чернишев Віктор Іванович – асистент кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Чикунів Павло Олександрович – канд. тех. наук, старший викладач кафедри електроніки та комп'ютерних технологій систем управління Українська інженерно-педагогічна академія

Чухно Роман Олександрович – магістрант Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Шефер Олександр Віталійович – канд. техн. наук, доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Шитець Денис Ігорович – студент ДВНЗ Донецький національний технічний університет

Шульженко Владислав Віталійович – магістрант Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за результатами
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ

«СУЧАСНІ АСПЕКТИ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕНЕРГОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВ»

*присвячений 50-ти річчю
кафедри електромеханіки і автоматики
Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ*

м. Покровськ, 11 – 12 квітня 2017 р.

Мовою оригіналу

Технічна обробка, комп'ютерний набір, верстка: Несторук Наталя Анатоліївна,
Алтухова Тетяна Володимирівна

Оригінал-макет виготовлено на кафедрі електромеханіки і автоматики
Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ

Підписано до друку 23.03.2017 р.

Формат 60х84^{1/8}

Ум. друк. арк. 49. Тираж 50 прим.

Друк лазерний.

**Надруковано у Видавничому центрі Індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ:
85300, Донецька обл., м. Покровськ, площа Шибанкова, 2**