

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

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання курсового проекту
з дисципліни
СПЕЦІАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ
для студентів усіх форм навчання

напрямок підготовки: 6.050702 «Електромеханіка»

спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Покровськ, 2017

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

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання курсового проекту
з дисципліни
СПЕЦІАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ
для студентів усіх форм навчання

напрямок підготовки: 6.050702 «Електромеханіка»

спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

РОЗГЛЯНУТО:

на засіданні кафедри
електромеханіки і автоматики
КІП ДВНЗ ДонНТУ
Протокол № 7 від 14.12.2016 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

на засіданні навчально-
методичної комісії КІП ДонНТУ
Протокол № 6 від 12.01.2017 р.

Покровськ, 2017

Методичні рекомендації до виконання курсового проекту з дисципліни «Спеціальне обладнання підприємств» розроблені для студентів усіх форм навчання напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка», спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Укладачі: В.Г. Кондратенко, Е.М. Нємцев – Покровськ, КП ДВНЗ ДонНТУ, 2017. – 50 с.

У методичних рекомендаціях викладено загальні положення, зміст, тематика та методика виконання курсового проекту з вибіркової навчальної дисципліни самостійного вибору ВНЗ «Спеціальне обладнання підприємств».

Укладачі:

В.Г. Кондратенко, к.т.н., доцент

Е.М. Нємцев, старший викладач

Рецензент:

А.К. Семенченко, д.т.н., проф.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	6
1 СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ І ВИМОГИ ДО ЙОГО ОФОРМЛЕННЯ ТА ЗАХИСТУ	7
1.1 Структура розрахунково-пояснювальної записки	7
1.2 Вимоги до оформлення розрахунково-пояснювальної записки курсового проекту	9
1.3 Захист курсового проекту	10
2 ПЕРЕЛІК ТЕМ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ	12
3 ПРИКЛАДИ ВИКОНАННЯ ОКРЕМИХ ЧАСТИН КУРСОВОГО ПРОЕКТУ	14
4 ГРАФІЧНА ЧАСТИНА	45
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	50

ВСТУП

Основне завдання вищого навчального закладу полягає у формуванні творчої особистості фахівця, здатного до саморозвитку, самоосвіти та інноваційної діяльності. Розв'язання цієї задачі навряд чи можливо тільки шляхом передачі знань у готовому вигляді від викладача до студента. Необхідно створювати такі умови, щоб студент перейшов з пасивного споживача знань в їх активного творця. Він повинен вміти формулювати проблему або задачу, аналізувати шляхи її розв'язання, знайти оптимальний результат і довести правильність свого вибору.

Мета виконання курсового проекту: набуття студентами професійних знань, необхідних у виробничій діяльності на рівні умінь і навичок, а також формування в студентів знань з теорії роботи спеціального обладнання підприємств, устрою та конструкції машин і обладнання цих установок, вивчення їх параметрів і характеристик. В результаті виконання курсового проекту студенти повинні набути теоретичних знань і вивчити конкретні методики проектування, технології застосування та експлуатації спеціального обладнання підприємств.

Паралельно з виконанням курсового проекту студенти вивчають одноіменну дисципліну.

Усі напрями і тематика курсового проекту повинні охоплювати найбільш важливі, актуальні, невирішені або такі, що потребують вдосконалення, окремі питання з техніки і технології спеціального обладнання підприємства.

1 СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ І ВИМОГИ ДО ЙОГО ОФОРМЛЕННЯ ТА ЗАХИСТУ

1.1 Структура розрахунково-пояснювальної записки

Курсовий проект виконується у вигляді розрахунково-пояснювальної записки, яка повинна містити такі структурні частини: титульний аркуш; зміст; вступ; основну частину; висновки; список використаних джерел; додатки (за необхідності).

ТИТУЛЬНИЙ АРКУШ

Титульний аркуш курсового проекту містить найменування міністерства вищого навчального закладу, факультету, кафедри де виконувався курсовий проект; прізвище, ім'я, по батькові студента; найменування дисципліни й тему курсового проекту; науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові викладача, який керує виконанням курсового проекту; місто і рік виконання.

ЛИСТ ЗАВДАННЯ

Завдання на курсовий проект видається індивідуально кожному студенту. На листі завдання повинні міститися вихідні дані та матеріали, необхідні для об'єктивного розв'язання поставлених завдань. Перелік похідних даних визначається по кожній обраній темі.

РЕФЕРАТ

У рефераті позначається кількість сторінок, таблиць, рисунків, бібліографій (кількість джерел інформації), короткий зміст роботи, основні висновки, наводяться ключові слова (прописними літерами).

ЗМІСТ

Зміст подають на початку курсового проекту. Він містить найменування та номери початкових сторінок усіх розділів, підрозділів й пунктів (якщо вони мають заголовки), зокрема вступу, висновків, додатків, списку використаних джерел. Приклад оформлення змісту проекту наведено в додатку В.

ВСТУП

У вступі означається проблема, обрана для вивчення, обґрунтовується її актуальність, показується ступінь її розробки, місце і значення у відповідній галузі науки або практики, дається аналіз джерел і літератури, визначаються об'єкт, предмет, мету і завдання, методика дослідження.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Основна частина курсового проекту – це його змістовна частина. Вона поділяється на розділи, яких у курсовому проекті не повинно бути менше двох. Розділи повинні (за потребою) складатися з підрозділів, пунктів. Всі розділи проекту завершуються короткими висновками.

Викладення тексту курсового проекту повинно містити проблему, що повинна бути розкрита. Визначений матеріал викладають відповідно до

змісту у вигляді окремих розділів та підрозділів. Кожний розділ висвітлює самостійне питання, а підрозділ – окрему частину цього питання.

Тема повинна бути розкрита без пропуску логічних ланок – у кожному розділі необхідно визначити головну ідею, а також тези кожного підрозділу. Тези необхідно підтверджувати фактами, думками різних авторів, аналізом конкретного практичного досвіду.

Розділ 1.

Шляхом вивчення літератури висвітлюються основні етапи розвитку наукової думки за темою роботи. Стисло, критично розкриваються роботи попередників і думки різних авторів щодо визначення певного виду спеціального обладнання, його місця в загальній класифікації видів спеціального обладнання. Необхідно також проаналізувати якісний і кількісний склад спеціального обладнання, що використовується на енергоємних підприємствах. Окреслити загальні тенденції розвитку застосування спеціального обладнання.

Розділ 2.

У другому розділі необхідно виконати оцінку застосування того чи іншого виду спеціального обладнання в певних умовах конкретного підприємства. Для цього слід здійснити перевірочний розрахунок та проаналізувати статистичні дані роботи обраного обладнання. Дослідити проблемні питання його експлуатації.

Розділ 3.

У третьому розділі потрібно визначити шляхи подолання визначених проблем роботи та питань експлуатації обраного обладнання. Дати рекомендації щодо раціональної організації його роботи та провести необхідні технічні розрахунки. Методика досліджень повинна відповідати на питання: як обґрунтовується те чи інше рішення, доводиться його доцільність, економічність. У проекті обов'язково повинно бути порівняння базового та запропонованого варіанту.

Зміст розділів основної частини бажано ілюструвати рисунками, схемами, графіками.

В кінці кожного розділу слід узагальнити матеріал відповідно до цілей і завдань, сформулювати висновки і досягнуті результати.

ВИСНОВКИ

Висновки є логічним завершенням курсового проекту. Головна їх мета – підсумки проведеної роботи. Висновки подаються у вигляді окремих лаконічних положень, рекомендацій і повинні відповідати поставленим завданням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ (БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК)

Список використаних джерел (бібліографічний список) поміщається після висновків. Включені в список джерела повинні мати відображення в тексті роботи.

Список джерел свідчить про ступінь вивченості проблеми і сформованості у студента навичок самостійної роботи і повинен містити, як правило, не менше 15 найменувань.

Кожне бібліографічне посилання має свій порядковий номер і записується з нового рядка. Скласти список використаних джерел слід таким чином: спочатку законодавчі та нормативно-правові документи, ДСТУ, далі в алфавітному порядку прізвищ авторів та назв праць видання українською та російською мовами, потім – іноземними мовами, картографічні джерела і наприкінці, адреси інформаційних джерел в мережі Інтернет.

ДОДАТКИ

В додатки включаються пов'язані з виконанням курсового проекту матеріали, які з якихось причин не можуть бути внесені до основної частини: довідкові матеріали, таблиці, схеми, нормативні документи, зразки документів, інструкції, методики (інші матеріали), розроблені в процесі виконання роботи, ілюстрації допоміжного характеру, формули і т.п. Додатки оформлюють як продовження курсового проекту на наступних її сторінках, розміщуючи їх у порядку появи посилань у тексті. Кожний додаток повинен починатися з нової сторінки. Додаток повинен мати заголовок, надрукований угорі малими літерами з першої великої симетрично відносно тексту сторінки. Над заголовком малими літерами з першої великої (вирівнювання по правому краю) друкується слово «Додаток» і велика літера, що позначає додаток. Додатки слід позначати послідовно великими літерами української абетки, за винятком літер Г, Є, І, Ї, Й, О, Ч, Ї. Один додаток позначається як додаток А.

1.2 Вимоги до оформлення розрахунково-пояснювальної записки курсового проекту

Курсовий проект виконується на ту чи іншу вибрану тему (наведені нижче), включає в себе розрахунково-пояснювальну записку та графічну частину. Пояснювальна записка оформляється відповідно до вимог, викладеними у методичних вказівках та повинні відповідати вимогам ДСТУ.

Пояснювальна записка, незалежно від теми, містить титульний лист, реферат, зміст, введення (вступ), вихідні дані, методику дослідження, опис варіантів, розрахунки показників, аналіз отриманих даних, рекомендації, висновки, список використаної літератури (джерел інформації).

Текст роботи друкується на аркушах формату А4 (210x297). Поля: зверху і знизу – 20 мм, зліва – 30 мм, праворуч – 15 мм.

Основний текст: шрифт – Times New Roman. Розмір – 14 пт. Шрифт друку – чорного кольору, не жирний. Міжрядковий інтервал – полуторний.

Абзац (новий рядок) – 10 мм. Вирівнювання по ширині. У таблицях допускається застосування розміру шрифту у 12 пт.

Основні розділи (глави) пояснювальної записки нумеруються «арабськими» цифрами: 1, 2 і т.д. Підрозділи нумеруються подвійними арабськими цифрами: перша цифра – номер розділу, друга цифра – номер підрозділу, починаючи з цифри 1 (наприклад, 3.4 означає, що це 4-й підрозділ 3-го розділу).

Якщо в підрозділі потрібно організувати заголовки, нумерувати їх потрійними цифрами не слід, краще виділити ці заголовки жирним шрифтом, починати їх з абзацу (або підкреслити).

Нумерацію формул, рисунків і таблиць потрібно здійснювати згідно розділів, в яких вони містяться (наприклад, «Таблиця 2.5» означає, що це 5-а за рахунком таблиця у 2-му розділі).

При написанні курсового проекту обов'язково треба робити посилання на:

- 1) інформаційні джерела зі списку використаних джерел;
- 2) наведені в тексті курсового проекту ілюстрації;
- 3) наведені в тексті курсового проекту таблиці;
- 4) наведені наприкінці курсового проекту додатки.

Посилання в тексті курсового проекту на інформаційні джерела слід зазначати відповідно до порядкового номера джерела у списку використаних джерел і виділяти двома квадратними дужками. Коли використовують відомості з джерел з великою кількістю сторінок, в посиланні необхідно точно вказати номери сторінок, ілюстрацій, таблиць, формул з джерела, на яке є посилання.

Нумерацію сторінок подають арабськими цифрами без знаку №. Першою сторінкою курсового проекту є титульний аркуш, який підлягає загальній нумерації сторінок. На титульному аркуші номер сторінки не ставлять, на наступних – номер проставляють у правому верхньому куті сторінки без крапки в кінці.

1.3 Захист курсового проекту

До захисту курсового проекту допускаються студенти, які у встановлений термін здали на кафедру належним чином оформлений курсовий проект після його перевірки керівником і усунення недоліків, виявлених після перевірки. У разі відсутності оформленого і захищеного курсового проекту студент не допускається до складання екзамену з дисципліни «Спеціальне обладнання підприємств».

Процедура захисту включає:

- доповідь студента про зміст роботи;
- запитання до автора;
- відповіді студента на запитання щодо змісту курсового проекту;
- рішення щодо оцінки проекту;
- виставлення оцінок (відомість, залікова книжка).

Доповідь необхідно готувати заздалегідь у формі усного виступу, в якому доцільно висвітлити такі питання: обґрунтування актуальності теми дослідження; мета, завдання, об'єкт, предмет дослідження; що вдалося встановити, виявити; якими методами це досягнуто; стислі висновки по кожному розділу курсового проекту, запропоновані нові види обладнання та загальні результати розрахунків. Доповідь студента не повинна перевищувати за часом 5–7 хвилин.

Під час захисту студент зобов'язаний дати вичерпні відповіді на всі питання та зауваження.

Результати захисту курсового проекту визначаються оцінками «відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно» і фіксуються в заліковій відомості та заліковій книжці студента.

2 ПЕРЕЛІК ТЕМ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

1. Дослідження і аналіз роботи головних водовідливів вугільних шахт регіону і визначення шляхів їх удосконалення.
2. Дослідження і аналіз роботи дільничних водовідливних установок вугільних шахт регіону і визначення шляхів їх удосконалення.
3. Статистичний аналіз обладнання головних водовідливів вугільних шахт регіону.
4. Статистичний аналіз обладнання дільничних водовідливних установок вугільних шахт регіону.
5. Статистичний аналіз довговічності роботи насосних агрегатів та їх вузлів.
6. Аналіз роботи розвантажувального пристрою шахтного насосу та причин його зношування.
7. Розробка методу розрахунку розвантажувального пристрою шахтного насосу.
8. Обґрунтування системи контролю і діагностики шахтних водовідливних установок.
9. Удосконалення загальної схеми роботи насосних установок головного водовідливу.
10. Удосконалення технологічної схеми дільничного водовідливу.
11. Удосконалення технологічної схеми та засобів автоматизації головного водовідливу.
12. Удосконалення методів керування енергоспоживанням водовідливу.
13. Вирівнювання навантаження електроенергії, що споживається водовідливом.
14. Економічна оцінка енергетичних витрат при використанні на допоміжному водовідливі шахти пневматичної та гідравлічної енергій.
15. Дослідження технологічних схем та засобів водовідливного господарства шахти.
16. Дослідження і аналіз роботи вентиляторних установок головного провітрювання.
17. Аналіз параметрів роботи головної вентиляторної установки шахти.
18. Аналіз параметрів роботи головної водовідливної установки шахти.
19. Вибір засобів для відкачки води зі скважин.
20. Впровадження калориферних установок при проектуванні шахтних вентиляторних установок.
21. Впровадження схем водовідливних установок, що виключають замулювання шахтних водозбірних ємностей водовідливу.
22. Застосування спеціальних схем та засобів водопониження на гірничих підприємствах.

23. Застосування та розрахунок бакових акумуляторів на водовідливних установках шахт.

24. Застосування технологічних схем водовідливу із самозмивними водозбірниками.

25. Захист водовідливної установки від гідроудару.

26. Удосконалення технології захисту шахтних стволів від обмерзання.

27. Удосконалення технологічної схеми допоміжного водовідливу зі штреків лав.

28. Удосконалення технологічної схеми зумпфового водовідливу головного ствола.

29. Удосконалення технологічної схеми зумпфового водовідливу допоміжного ствола.

30. Удосконалення технологічної схеми та засобів вибійного водовідливу.

31. Удосконалення технологічної схеми чищення вентиляційного каналу головної вентиляторної установки.

32. Удосконалення технологічної схеми чищення водозбірників та попередніх відстійників головного водовідливу.

33. Удосконалення схеми та засобів гідравлічної видачі корисної копалини.

З дозволу керівника проекту студенти мають змогу виконувати курсовий проект на тему, що не включена до даного переліку, але яка стосується курсу, що вивчається.

Після вибору та затвердження теми, в якості практичних даних необхідно використати умови діючого підприємства (гірничє підприємство, збагачувальна фабрика, кар'єр). Ці данні студенти зазвичай отримують на підприємствах при проходженні виробничої практики на попередніх курсах.

З ПРИКЛАДИ ВИКОНАННЯ ОКРЕМИХ ЧАСТИН КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Приклад «Аналіз роботи головного водовідливу та вихідні дані до розрахунку»

Головний водовідлив шахти «К» розташований на горизонті 545 м і обладнаний 4-ма насосами серії ЦНС 300-600 і 2-ма насосами серії ЦНСШ 300-650. Середній часовий приплив шахтної води у водозбірники водовідливу складає 438 м³/ч. Вода може накопичуватися в трьох водозбірниках різної ємності. Відкачується вода на поверхню по двом трубопроводам внутрішнім діаметром 300 мм. Кожен трубопровід розрахований на паралельну роботу двох насосів.

Водозбірники виконані у вигляді одношляхової виробки і закріплені тризвенним металевим арочним кріпленням АП-9,2, АП-11,2, АП-15,5. Ємність кожної гілки водозбірників складає відповідно 850, 1250 і 3100 м³.

Вода у водозбірники потрапляє по трубопроводам від дільничних водовідливів, а також по водовідливним канавкам, прокладеним по північному і південному квершлагах гор. 545 м. З насосною камерою водозбірники з'єднуються за допомогою приймальних колодязів. У приймальних колодязях розміщуються всмоктуючі трубопроводи насосів і перепускні засувки, що сполучають колодязі з водозбірниками.

Реконструкція головного водовідливу гор. 545 м була проведена в 1996 році: побудований додатковий водозбірник №3 ємністю 3100 м³, приймальний колодязь №4, камера водовідливу для монтажу додаткових трьох насосних агрегатів ЦНС 300-600, введений в роботу новий шламовірник №3. Перед шламовірником №3 побудований попередній відстійник, розділений посередині бетонною перемичкою. Очищення попереднього відстійника здійснюється гідроелеваторною установкою. Пульпа, що утворилася при чищенні, може прямувати в один з трьох шламовірників.

Наступна реконструкція була проведена у 2001 році. Багаторічний досвід експлуатації секційних насосів серії ЦНС 300-600, які застосовувалися довгий час в умовах головного водовідливу шахти, показав, що ці насоси морально застаріли і ненадійні в роботі. Вони мають низький коефіцієнт корисної дії, значення якого знаходиться в межах 40-50 %. Час роботи нових насосів до капітального ремонту дуже малий і складає 3000 – 4000 годин. Насоси, як правило, виходять з ладу через кавітаційне руйнування робочих коліс і проточних частин. У зв'язку з цим ЧП «Технологія» було запропоновано замінити насоси ЦНС 300-600 новими насосними агрегатами ЦНСШ 300-650. З урахуванням великих витрат на їх придбання було введено в роботу тільки 2 насоси серії ЦНСШ 300-650, а також залишити в роботі 4 насосів ЦНС 300-600.

Щоб захистити основні насосні агрегати від кавітаційних явищ, що супроводжуються інтенсивним зносом, в даному проекті запропоновано застосовувати струменеві підкачні насоси.

Також необхідно навести схему головного водовідливу шахти.

Виходячи з поставленої мети, в роботі сформульовані наступні завдання:

- виконати перевірочний розрахунок головної водовідливної установки шахти;
- розробити технологічну схему експлуатації насосного устаткування, що дозволяє усунути явища кавітацій;
- розрахувати конструктивні параметри застосованих пристроїв.

Приклад «Аналіз існуючих засобів чищення шахтних технологічних ємностей водовідливу на головному та допоміжному стволах шахти»

Уловлюючі бункери головного ствола і породного відділення допоміжного ствола призначені для акумулювання вугілля і породи, що просипаються, під час роботи вугільного і породного підйому.

Випуск вугілля і породи здійснюється кожен день в ремонтну зміну, згідно графіка роботи стволів.

Для опуску порожніх вагонеток і видачі завантажених по похилому хіднику встановлена лебідка ЛВД-34 з канатом діаметром 22 мм. Для організації маневрових робіт на верхній приймально-відправній площадці (ПВП) використовується електровоз АМ-8Д. Обслуговування електровозу здійснюється машиністом електровозу дільниці «Шахтний транспорт».

Згідно виданому шляховому листу машиніст електровоза отримує у підземній зарядній ключ від електровозу. Ланковий за телефоном дізнається про закінчення роботи головного (допоміжного) підйому у машиніста вугільного (породного) підйому і повідомляє йому про початок робіт з чищення вловлюючих бункерів.

Перед чищенням вловлюючих бункерів машиніст підйому встановлює скіпи поблизу крайніх граничних положень (наперевіс).

При необхідності чистки вловлюючих бункерів протягом робочої зміни, зупинка вугільного підйому здійснюється лише на час завантаження вагонеток з вловлюючого бункеру і знаходження людей під бункером.

Для цього робочий-насипщик телефоном повідомляє машиністу підйому про зупинку підйому. Машиніст підйому зупиняє підйом, а роботи з підйому по стволу починають лише з дозволу робочого-насипщика, який повідомляв про зупинку.

На момент початку робіт повинно бути наступне положення:

1. Затримуючі стопори (ЗС) верхньої ПВП закриті.
2. Бар'єр у верхній частині хідника для чистки зумпфа закритий.
3. Вентиляційні двері біля допоміжного ствола закриті.
4. На розминовці верхньої ПВП знаходиться 9 порожніх вагонеток ВГ-3,3 і електровоз АМ-8Д.

5. Причіпний пристрій підйомного канату лебідки ЛВД-34 знаходиться на верхній ПВП.

Перед початком робіт на верхній ПВП і біля устя хідника та скіпового ствола вивішується знак «Стій! Прохід заборонено! Здійснюється чищення вловлюючих бункерів».

Перед початком робіт ланковий посилає робочого-насипщика по хіднику для виводу людей. На шляху робочий-насипщик відкриває бар'єр у верхній частині хідника, перевіряє правильність встановлення на хіднику стрілочних переводів, виводить людей, перевіряє наявність світло-звукової сигналізації і телефонного зв'язку, відкриває відповідні вентиляційні двері і бар'єр перед головним або допоміжним стволом, заходить у камеру водовідливу і попереджає машиністів водовідливу про початок чищення вловлюючих бункерів, а сам стає «на сигналі» і повідомляє по телефону на верхній ПВП про можливість початку робіт.

Маневрові роботи на верхній ПВП здійснюються в наступному послідовності: за сигналом ланкового машиніст електровозу виїздить на шлях «в» і разом з іншим робочим через СП-1, СП-2 зі шляху «г» зіштовхує 4 порожніх вагонетки на шлях «а» і 5 вагонеток на шлях «б». Електровоз залишається на шляху «б». Потім робочий, обслуговуючий верхню ПВП відчіпляє спеціальним крічком одну вагонетку на шляху «а» і вручну разом з машиністом електровозу підкочує вагонетку до затримуючих стопорів і встановлює тормозний башмак під напів-скати вагонетки.

Робочий-зчіпник причіпляє канат лебідки ЛВД-34 до вагонетки, встановлює упорну вилку, відкриває бар'єр в усті хідника і ЗС. Перед відкриттям ЗС слабина підйомного канату повинна бути «вибрана». Потім робочий-зчіпник дає три сигнали робочому-насипщику і отримує відповідний сигнал. Машиніст лебідки у цей час знаходиться біля лебідки ЛВД-34 і стежить за гальмівною системою, відсутністю слабину підйомного канату, щоб вагонетка під дією своєї ваги не пішла донизу, тобто щоб не було динамічного удару на підйомний канат при опуску. Відкриває ЗС і після цього робочий-зчіпник дає команду машиністу лебідки на опуск вагонетки по хіднику і виштовхує порожню вагонетку за ЗС, знаходячись зі сторони проходу, закриває ЗС та йде до машиніста лебідки.

Машиніст лебідки вмикає лебідку і опускає вагонетку під вловлюючий бункер головного (допоміжного) ствола. Після зупинки вагонетки перед вловлюючим бункером головного ствола або на заїзді під вловлюючий бункер допоміжного ствола, робочий-насипщик дає сигнал «Стоп» лебідчику і отримує зворотній продубльований сигнал, знімає упорну вилку і відчіпляє тяговий канат від вагонетки. Потім вручну підштовхує вагонетку під бункер, загальмовує вагонетку гальмівними башмаками і відкриває затвор бункера. Завантаживши вагонетку робочий вручну підштовхує вагонетку до тягового канату, причіпляє канат, встановлює упорну вилку, виходить в камеру і дає сигнал машиністу лебідки на підняття вагонетки. Робочий на верхній ПВП

відкриває ЗС, йде до укриття і після цього лебідчик «видає» вагонетку. Коли завантажена вагонетка вийде за ЗС, робочий-зчіпник закриває їх і під задній напів-скат встановлює тормозний башмак. Після цього робочий-зчіпник знімає упорну вилку, відчіпляє канат лебідки від вагонетки і дає команду машиністу електровозу.

Машиніст електровозу відчіпляє від составу, що знаходиться на шляху «б» першу вагонетку від електровозу, переганяє її через СП-2 на шлях «а», зчіпник причіпляє цю вагонетку до порожнього составу, що знаходиться на шляху «а». Потім відчіпляє електровоз від составу, що стоїть на шляху «а». Через СП-2 переганяє його на шлях «б», причіпляє його до порожніх вагонеток, що залишилися, на шляху «б» і штовхає через СП-3 состав до ЗС. Гальмує состав, зчіпник причіпляє вантажну вагонетку до составу, прибирає гальмівний башмак і дає команду машиністу електровоза на доставку вантажної вагонетки на шлях «б» через СП-3.

На шляху «б» машиніст електровозу гальмує состав, під його напів-скати встановлює гальмівні башмаки.

Зі шляху «а» другу порожню вагонетку підкочують до затримуючих стопорів і його «опуск-підйом» здійснюється аналогічно.

Після накопичення двох вантажних вагонеток на розминовці «б» два перших порожніх вагони електровозом через СП-2 переставляють на шлях «а», електровоз вертається на розминовку «б».

Після накопичення 5-ти вантажних вагонеток на гілці «б» вони електровозом «витягуються» на південний груповий штрек пл.м₂-м₃ на шлях «г», а електровоз повертається на верхню ПВП для продовження маневрових робіт. Подібним чином завантажуються і доставляються вагонетки які стоять на шляху «а». Вийзд на груповий відкаточний штрек пл.м₂-м₃ електровозом допускається тільки з дозволу підземного диспетчера.

Після закінчення чистки породного вловлюючого бункера, під тічку бункера встановлюється порожня вагонетка щоб запобігти просипанню гірничої маси на площадку під тічкою бункера.

Перед початком робіт з чищення породного вловлюючого бункера, насипщик розтягує канат лебідки ЛВД-34 вручну, причіпляє його до стоячої під тічкою вагонетки і за сигналом машиніст лебідки витягує його на верхню ПВП.

Далі технологія чищення породного вловлюючого бункера аналогічна вищеописаному.

Після закінчення робіт з чищення вловлюючих бункерів закриваються затримуючі стопори і бар'єри.

Зачистка полків вловлюючих бункерів здійснюється вручну лопатами. Гірничу масу, що просипалась, завантажуються у бункер. Працівники, що зайняті зачисткою полків, повинні бути пристебнуті монтажними поясами за нерухомі конструкції посадочних площадок скипів або за армировку ствола.

Після чергового пропуску порожньої вагонетки при чищенні вловлюючих бункерів вентиляційні двері, встановлені на похилій частині хідника (або заїзні) закриваються для запобігання закорочування вентиляційного струменя через скіповий ствол.

Встановлення вагонетки під бункер головного (допоміжного) ствола здійснюється наступним чином:

- на верхній ПВП на ЗС виставляються дві порожні вагонетки;
- лебідкою ЛВД-34 опускають ці дві вагонетки нижче стрілочного переводу на допоміжний ствол на довжину канату від заїзду до бункера;
- під буфер нижньої вагонетки на розпір між кривлею і підшвою виробки встановлюється упор;
- не менш ніж за два напів-скати нижня вагонетка «якориться» відрізками ланцюга СП за рейки;
- за сигналом із заїзду здійснюється доопускання вагонеток з таким розрахунком, щоб була слабина між зчіпками;
- відчіпляється верхня вагонетка і через стрілочний перевод за допомогою лебідки порожня вагонетка виставляється на заїзд, відчіпляється канат і вручну підштовхується під бункер;
- відчеплений канат вручну підтягують до нижньої вагонетки, причіпляють і за сигналом лебідкою здійснюється натягування канату, знімають якірні ланцюги і забирають упор;
- нижня порожня вагонетка видається на верхню ПВП або встановлюється під бункер головного ствола.

Видача вантажної вагонетки з-під бункеру допоміжного ствола здійснюється в наступній послідовності:

- опускається порожня вагонетка нижче заїзду і «якориться» ланцюгами за рейки;
- від вагонетки відчіпляється канат лебідки, вручну розтягується і причіпляється до вантажної вагонетки;
- за сигналом з укриття, вантажна вагонетка видається на верхню ПВП.

Подача (доставка) наступних вагонеток під породний бункер здійснюється аналогічно описаному вище. Після встановлення під породний бункер останньої вагонетки (вона залишається під тічкою до наступного циклу) канат ЛВД-34 причіпляється до заякореної на вантажному хіднику вагонетки, яка видається як описано вище.

Наведений алгоритм проведення робіт вказує на його складність, вимогливість до певної послідовності операцій та можливості травмування працівників в разі порушення цього алгоритму. Тому необхідно розробити альтернативну схему чищення шахтних технологічних ємностей, яка б виключала імовірність травмування персоналу (за рахунок його виведення з небезпечних зон), була б простою та надійною.

Приклад «Визначення робочого режиму насоса головного водовідливу»

Рівняння напірної характеристики трубопроводу має вигляд:

$$H_{\text{тр}} = H_{\Gamma} + a \cdot Q^2,$$

де H_{Γ} – геометричний напір трубопроводу, що визначається як відстань по вертикалі від нижнього рівня води у водозбірнику до її виливу з нагнітального трубопроводу (різниця позначок), м,

a – гідравлічний опір трубопроводу:

$$a = \frac{a_{\text{в}}}{m^2} + \frac{a_{\text{н}}}{n^2} = \frac{0,0000072}{1^2} + \frac{0,000083}{1^2} = 0,0000902,$$

де $a_{\text{в}}$ – гідравлічний опір всмоктуючого трубопроводу,

$a_{\text{н}}$ – гідравлічний опір напірного трубопроводу,

m – кількість одночасно працюючих насосів, шт.,

n – кількість трубопроводів задіяних в роботі по відкачуванню води, шт.,

$$a_{\text{в}} = \frac{L_{\text{в}} + \sum l_{\text{вс}}}{3600^2 \cdot K^2} = \frac{11,5 + 80}{3600^2 \cdot 0,9754} = 0,0000072$$

$$a_{\text{н}} = \frac{L_{\text{н}} + \sum l_{\text{не}}}{3600^2 \cdot K^2} = \frac{880 + 170}{3600^2 \cdot 0,974} = 0,000083$$

де $L_{\text{в}}$ – довжина всмоктуючого трубопроводу, м,

$L_{\text{н}}$ – довжина напірного трубопроводу, з урахуванням довжини труб в насосній камері та довжини до водозбірника поверхні,

$\sum l_{\text{вс}}$ – еквівалентна довжина місцевих опорів всмоктуючого трубопроводу, м,

$\sum l_{\text{не}}$ – еквівалентна довжина місцевих опорів напірного трубопроводу, м.

$$\sum l_{\text{вс}} = \frac{\sum \xi_{\text{в}}}{\lambda_{\text{в}}} d_{\text{в}} = \frac{8}{0,03} \cdot 0,3 = 80 \text{ м}$$

$$\sum l_{\text{не}} = \frac{\sum \xi_{\text{н}}}{\lambda_{\text{н}}} d_{\text{н}} = \frac{17}{0,03} \cdot 0,3 = 170 \text{ м}$$

де $\sum \xi_{\text{в}}$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів всмоктуючого трубопроводу, (втрати напору в прийомному клапані з сіткою, поворот всмоктуючого трубопроводу на 90° і т.ін.),

$\sum \xi_n$ – сума коефіцієнтів місцевих напірного трубопроводу, (втрати напору на засувках, зворотних клапанах, в різких поворотах трубопроводу);

d_n – внутрішній діаметр нагнітального трубопроводу, м,

d_b – внутрішній діаметр нагнітального трубопроводу, м,

λ – коефіцієнт Дарсі трубопроводу:

$$\lambda_b = 0,021 \cdot d^{-0,3} = 0,021 \cdot 0,3^{-0,3} = 0,03, \quad \lambda_n = 0,021 \cdot d^{-0,3} = 0,021 \cdot 0,3^{-0,3} = 0,03,$$

K^2 – квадрат розхідної характеристики труби:

$$K_{\epsilon}^2 = \frac{\pi^2 d^5 g}{8\lambda} \approx 576 \cdot d^{5,3} = 576 \cdot 0,3^{5,3} = 0,9754,$$

$$K_n^2 = \frac{\pi^2 d^5 g}{8\lambda} \approx 576 \cdot d^{5,3} = 576 \cdot 0,3^{5,3} = 0,9754.$$

Після розрахунків та підстановок запишемо кінцеве рівняння напірної характеристики трубопроводу:

$$H_{tr} = 551 + 0,0000902 \cdot Q^2.$$

Напірна характеристика насоса будується в залежності від параметрів його проточної частини та конструктивних особливостей – для кожного типу насоса вона особлива та надається з технічною документацією.

В загальному випадку рівняння напірної характеристики насоса має вигляд:

$$H = z (H_{ок} + A_k \cdot Q - B_k \cdot Q^2),$$

де $H_o = z H_{ок}$, $A = z A_k$, $B = z B_k$,

z – кількість робочих коліс насоса,

H_o , A , B – коефіцієнти, значення яких залежать від типу та конструктивних особливостей насоса.

Аналітичний вираз для напірної характеристики насоса ЦНС має вигляд:

$$H_n = z (66,9 + 0,0401 \cdot Q - 2,21 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2),$$

Для насоса ЦНС 300х600 ($z = 10$) маємо:

$$H_n = 669 + 0,401 \cdot Q - 2,21 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2.$$

Це квадратне рівняння, розв'язанням якого (позитивний корінь) є величина Q_p – робочий режим насоса.

$$Q_p = \frac{0,401 + \sqrt{0,401^2 - 4(0,0000902 + 2,21 \cdot 10^{-3})(551 - 669)}}{2(0,0000902 + 2,21 \cdot 10^{-3})} = 329 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Аналітичний вираз для коефіцієнту корисної дії даного насоса має вигляд:

$$\eta_n = 5,97 \cdot 10^{-3} \cdot Q - 14,66 \cdot 10^{-6} \cdot Q^2 + 969,3 \cdot 10^{-11} \cdot Q^3.$$

З урахуванням знайденої величини $Q_p = 329 \text{ м}^3/\text{год}$, знаходимо $H_p = 560,8 \text{ м}$ та $\eta_p = 0,72$.

Дані робочого режиму можна також отримати графічним шляхом. Розрахунки для графічної будови характеристик насоса та трубопровідної мережі здійснюємо за вищенаведеними формулами. З цією метою складається таблиця, в якій для ряду значень подавань Q визначається ряд значень напорів H (для трубопроводу, насоса і ККД).

Таблиця 3.1 – Для будови характеристик насоса і трубопроводу

$Q, \text{ м}^3/\text{год}$	0	50	100	150	200	250	300	350	400
$H_{\text{тр}}, \text{ м}$	551,0	551,2	551,9	553,0	554,6	556,6	559,1	562,0	565,4
$H_n, \text{ м}$	669,0	683,5	687,0	679,4	660,0	631,1	590,4	538,6	475,8
η	0	0,263	0,460	0,598	0,685	0,727	0,733	0,709	0,662

За даними таблиці 3.1 будуємо графічні залежності – рис. 3.1.

Параметри робочого режиму: $Q_p = 329 \text{ м}^3/\text{год}$, $H_p = 560,8 \text{ м}$, $\eta_p = 0,72$.

Знаючи параметри робочого режиму насоса, можна розрахувати час, за який насос (насоси) мають змогу відкачати максимальний добовий приплив шахтної води, та порівняти його з нормативним часом, який визначено «Правилами техніки безпеки»:

$$t = \frac{Q_{\text{н.доб}}}{Q_p \cdot n} \leq 20 \text{ годин}, \quad t = \frac{10512}{329 \cdot 2} = 15,98 \leq 20 \text{ годин},$$

де $Q_{\text{н.доб}}$ – максимальний приплив шахтної води за добу,

n – кількість насосів, що працюють одночасно.

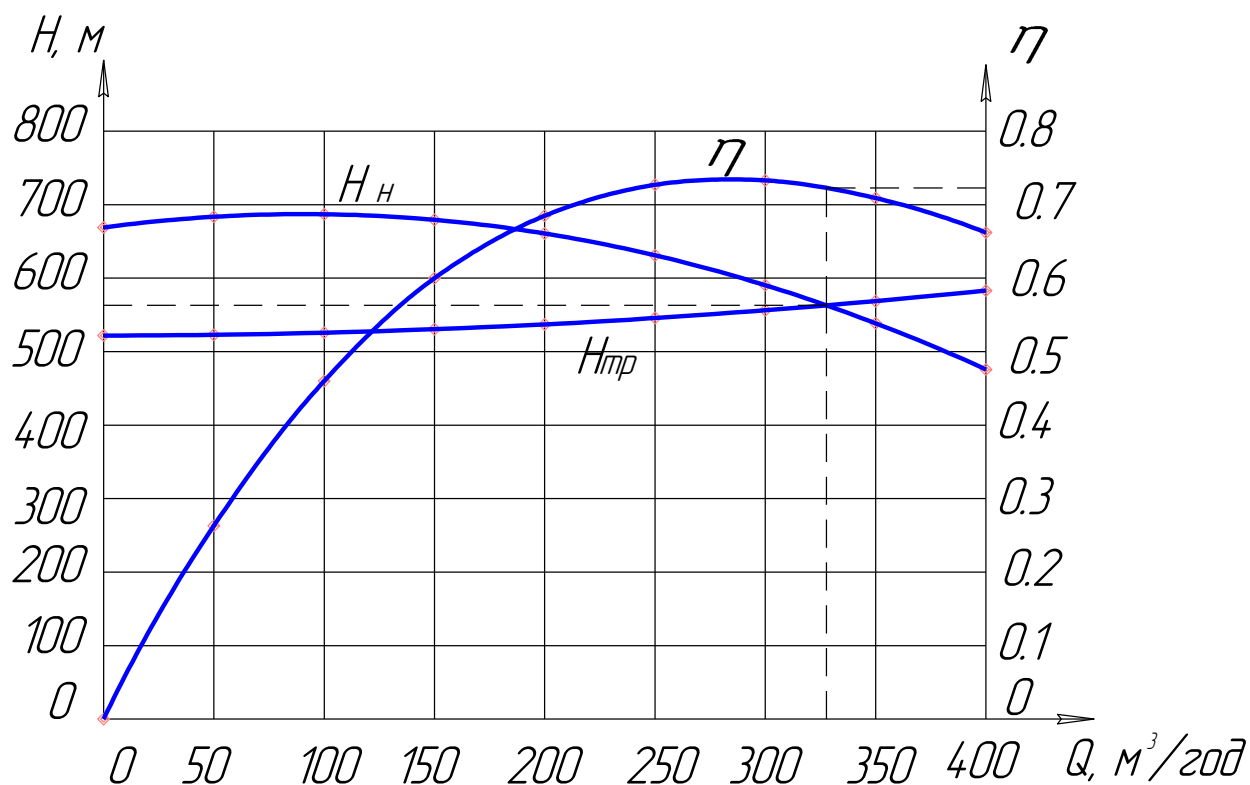


Рисунок 3.1 – Характеристики насоса і трубопроводу. Визначення робочого режиму

Приклад «Визначення наявності в насосі кавітаційних явищ та визначення шляхів їх усунення»

Використовуючи літературні (паперові) та електронні джерела необхідно описати фізичні явища, які виникають при кавітації, та вказати їх негативний вплив на роботу шахтних насосів.

Метою даної роботи є вибір обладнання водовідливної установки, яке виключає роботу насоса в кавітаційному режимі.

У вихідних даних повинні бути приведені: тип насоса, його напірна і кавітаційна характеристика; довжина і діаметр напірного трубопроводу і трубопроводу, що всмоктує; місцеві опори трубопроводів; геометричний напір трубопроводу; геометрична висота всмоктування.

Спочатку визначається напірна характеристика трубопроводу:

$$H_{\text{тр}} = H_{\Gamma} + aQ^2,$$

де H_{Γ} – геометричний напір трубопроводу, м,

Q – витрата води в трубопроводі, м³/год,

a – гідравлічний опір трубопроводу, с²/м⁵.

Гідравлічний опір трубопроводу складається з гідравлічного опору напірного трубопроводу і гідравлічного опору трубопроводу що всмоктує:

$$a = a_n + a_g ,$$

$$\text{де} \quad a_n = \frac{L_n + \sum l_{nc}}{3600^2 K_n^2}, \quad a_g = \frac{L_g + \sum l_{gc}}{3600^2 K_g^2},$$

де L_n, L_g – довжина відповідно напірного трубопроводу і трубопроводу, що всмоктує, м,

$\sum l_{nc}$ – еквівалентна довжина місцевих опорів напірного трубопроводу, м:

$$\sum l_{nc} = \frac{\sum \xi_n}{\lambda_n} d_n ,$$

$\sum l_{gc}$ – еквівалентна довжина місцевих опорів трубопроводу, що всмоктує, м:

$$\sum l_{gc} = \frac{\sum \xi_g}{\lambda_g} d_g ,$$

d_n, d_g – внутрішній діаметр відповідно напірного трубопроводу і трубопроводу, що всмоктує, м,

λ_n, λ_g – коефіцієнт Дарсі відповідно напірного трубопроводу і трубопроводу, що всмоктує:

$$\lambda_n = 0,021 d_n^{-0,3}, \quad \lambda_g = 0,021 d_g^{-0,3},$$

$\sum \xi_n, \sum \xi_g$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів відповідно напірного трубопроводу і трубопроводу, що всмоктує,

K_n^2, K_g^2 – квадрат розхідної характеристики відповідно напірного трубопроводу і трубопроводу, що всмоктує:

$$K_n^2 = \frac{\pi^2 d_n^5 g}{8 \lambda_n} \approx 576 d_n^{5,3}, \quad K_g^2 = \frac{\pi^2 d_g^5 g}{8 \lambda_g} \approx 576 d_g^{5,3}.$$

За даними напірної характеристики трубопроводу і напірної характеристики насоса розраховується робоча подача насоса Q_p .

Реальну вакууметричну висоту всмоктування насоса визначаємо з виразу:

$$H_B = H_{BC} + a_B Q_p^2 ,$$

де H_{BC} – геометрична висота всмоктування, м.

Якщо виявиться, що вакууметрична висота всмоктування насоса буде більша за допустиму вакууметричну висоту всмоктування $H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$ (береться з кавітаційної характеристики насоса), то це буде означати, що насос працює в кавітаційному режимі. В такому разі потрібно знайти спосіб усунення кавітаційного режиму роботи насоса.

Кавітаційний режим можливо усунути заміною існуючого насоса на інший типорозмір або зменшенням кількості робочих коліс застосованого насоса, збільшенням діаметру трубопроводу, що всмоктує, збільшенням гідравлічного опору напірного трубопроводу, використанням додаткового обладнання (робота насоса з підпором або з підкачним насосом) і т. п.

Застосовуючи той чи інший спосіб усунення кавітації, потрібно повторно здійснити перевірку на наявність кавітації шляхом розрахунків та(або) графічних будов.

Приклад «Визначення конструктивних параметрів струменевих насосів»

Абсолютний тиск робочої води перед насадкою, $P_p = 1,15$ МПа,

Абсолютний тиск у приймальній камері струминного насоса:
 $P_n = 0,05$ МПа,

Абсолютний тиск на виході струминного насоса: $P_c = 0,15$ МПа,

Температура перекачуваної води складає не вище 20° , при якій тиск насичених парів води складає, $P_k = 0,002$ МПа,

В якості джерела робочої води для основного насосного агрегату ЦНС 300-600 застосуємо насос ЦН 400-105-2, що має подачу $400 \text{ м}^3/\text{год}$, напір 105 м і ККД, значення якого при номінальній подачі становить 83% .

Параметри струминного насоса визначимо за відомою методою, що описує його роботу рівнянням у безвимірних одиницях:

$$\frac{\Delta P_c}{\Delta P_p} = \varphi_1^2 \left(\frac{d_c}{d_r} \right)^2 \left[2\varphi_2 + \left(2\varphi_2 - \frac{1}{2} \right) \frac{(d_c/d_r)^2 \cdot u^2}{1 - (d_c/d_r)^2} - (2 - \varphi_3^2) \left(\frac{d_c}{d_r} \right)^2 (1 + u)^2 \right], \quad (3.1)$$

де $\frac{\Delta P_c}{\Delta P_p}$ – безвимірний перепад абсолютних гідростатичних тисків у струминному насосі,

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ – коефіцієнти швидкості відповідно робочого сопла, камери змішування, дифузора і входу в камеру змішування, значення яких для розрахунку приймаються: $\varphi_1 = 0,95, \varphi_2 = 0,975, \varphi_3 = 0,90, \varphi_4 = 0,925$,

d_c – діаметр отвору робочого сопла (насадки),

d_r – діаметр горловини (камери змішування) струминного насоса,

u – коефіцієнт інжекції, значення якого визначається по залежності:

$$u = \frac{Q_p - Q_{\text{роб}}}{Q_{\text{роб}}}, \quad (3.2)$$

де $Q_p, Q_{\text{роб}}$ – відповідно робочий режим основного насосного агрегату та витрати робочої води через насадку струменевого насоса.

Безрозмірний перепад абсолютних гідростатичних тисків у струминному насосі визначимо за формулою:

$$\frac{\Delta P_c}{\Delta P_p} = \frac{P_c - P_n}{P_p - P_n}, \quad (3.3)$$

P_p, P_c, P_n – абсолютний тиск відповідно робочої води перед насадкою, води на виході струминного насоса, води в приймальній камері насоса, значення, яких приведені у вихідних даних для розрахунку струминного насоса.

Прийняті значення і позначення підставимо до рівняння (3.1). Проте зазначене рівняння містить три невідомих розміри: $d_c; d_r; u$. Для його розв'язання позначимо:

$$\left(\frac{d_c}{d_r} \right)^2 = m, \quad (3.4)$$

де m – модуль струминного насоса.

Максимальне значення коефіцієнта інжекції приймемо дорівнюючим коефіцієнту інжекції, що спостерігається в кавітаційному режимі роботи насоса, значення якого визначиться за формулою:

$$u_k = \frac{(d_r/d_c)^2 - 1}{\varphi_1/\varphi_4} \cdot \frac{1}{\sqrt{(P_p - P_k)/(P_n - P_k) - 1}}, \quad (3.5)$$

де P_k – абсолютний тиск парів води, значення якого при температурі води, рівної 20°C, дорівнює $P_k = 0,002$ МПа.

Після підстановки (3.5) до (3.1) та відомих чисельних значень отримаємо квадратне рівняння:

$$757m^2 - 1533m + 118 = 0.$$

Розв'язуючи це рівняння, отримаємо:

$$\left(\frac{d_c}{d_r} \right)^2 = m = 0,08,$$

За формулою (3.5), знаходимо $u = 2,3$.

Витрата робочої води через насадку:

$$Q_{\text{роб}} = \frac{Q_p}{u + 1},$$

де Q_p – робочий режим насосу основного насосу ($Q_p = 329 \text{ м}^3/\text{год}$).

$$Q_{\text{роб}} = \frac{329}{2,3+1} = 99,7 \approx 100 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Розрахунковий діаметр насадки робочої води:

$$d_c = \sqrt{\frac{4Q_{\text{роб}}}{\varphi_1 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{2(P_p - P_n)}{\rho}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 100}{3600 \cdot 0,95 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{2(1,15 - 0,05) \cdot 10^6}{1000}}}} = 0,0282 \text{ м} = 28,2 \text{ мм}$$

Діаметр камери змішування:

$$d_r = d_c \sqrt{\frac{1}{m}} = 28,2 \sqrt{\frac{1}{0,08}} = 99,7 \text{ мм}$$

Відповідно до ГОСТ 12447-80, що передбачає стандартний ряд отворів, приймаємо діаметр камери змішування рівним $d_r = 100 \text{ мм}$. Тоді діаметр отвору сопла робочої води складе:

$$d_c = d_r \sqrt{m} = 100 \sqrt{0,08} = 28,3 \text{ мм}.$$

Відповідно до ГОСТ 12447-80, що передбачає стандартний ряд отворів, приймаємо діаметр камери змішування рівним $d_c = 30 \text{ мм}$.

Витрата робочої води через сопло:

$$Q_{\text{роб}} = \varphi_1 \frac{\pi \cdot d_c^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_p - P_n)}{\rho}} = 0,95 \frac{\pi \cdot 0,03^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (1,15 - 0,05) \cdot 10^6}{1000}} \cdot 3600 = 113,3 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Подача струминного насоса складе:

$$Q_{\text{и}} = u \cdot Q_{\text{роб}} = 2,3 \cdot 113,3 = 260,6 \text{ , м}^3/\text{год.}$$

Сумарна витрата на виході струминного насоса:

$$Q_{\text{см}} = Q_{\text{роб}} + Q_{\text{и}} = 113,3 + 260,6 = 373,9 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Уточнюємо вихідні дані для розрахунку. Визначимо втрати напору на виході струминного насоса, попередньо прийнявши діаметр нагнітального трубопроводу дорівнюючим $d_1 = 0,257 \text{ м}$:

$$H_{\text{втр}} = \left(\lambda_1 \frac{\ell_1}{d_1} + \sum \xi_1 \right) \frac{8Q_{\text{см}}^2}{g\pi^2 d_1^4}, \quad (3.6)$$

де λ – коефіцієнт Дарсі або коефіцієнт гідравлічного тертя, значення якого визначимо за формулою А.Д. Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d_1} + \frac{17\pi^7 v}{Q_{\text{см}}} \right)^{0,25}, \quad (3.7)$$

де Δ – еквівалентна шорсткість стінок трубопроводу, значення якої приймемо такою, що дорівнює $0,1 \text{ мм}$,

v – кінематична в'язкість води при 20°C , $v = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{0,257} + \frac{17 \cdot \pi \cdot 0,257 \cdot 10^{-6} \cdot 3600}{373,9} \right)^{0,25} = 0,017,$$

$\sum \xi_1$ – сума місцевих опорів у нагнітальному трубопроводу струминного насоса, значення якої приймемо рівною $\sum \xi_1 = 2,0$.

ℓ_1 – довжина нагнітального трубопроводу струминного насоса, значення якої дорівнює $\ell_1 = 10 \text{ м}$.

Підставляючи значення в рівняння (3.7), отримаємо:

$$H_{\text{втр}} = \left(0,017 \frac{10}{0,257} + 2,0 \right) \frac{8 \cdot 373,9^2}{9,81 \cdot \pi^2 \cdot 0,257^4 \cdot 3600^2} = 0,5 \text{ м.}$$

Розрахунковий абсолютний тиск, що розвивається струминним насосом:

$$P_c = P_a + \rho g H_{\text{пот}} = (1 \cdot 10^5 + 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,5) \cdot 10^{-6} = 0,105 \text{ МПа.}$$

Результати розв'язання рівнянь зводимо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахункові параметри струминного насоса

Розрахунковий модуль насоса, m	Розрахунковий коефіцієнт інжекції, u	Діаметр отвору насадки, d _c , мм	Діаметр камери змішування, d _г , мм	Витрата робочої води, Q _{роб} , м ³ /год	Подача насоса, Q _н , м ³ /год	Сумарна витрата на виході насоса, Q _{см} , м ³ /год
0,08	2,3	30	100	113,3	260,6	373,9

У якості нагнітального трубопроводу відповідно до ГОСТ 10704-76 приймаємо сталевий електрозварний прямошовний трубопровід зовнішнім діаметром 273 мм і внутрішнім діаметром 257 мм.

Приклад «Розрахунок об'єму бакового акумулятора»

Розрахувати баковий акумулятор можна на основі рівняння Бойля–Маріотта:

$$l \cdot S \cdot P_a = V_{\text{б}} \cdot P$$

де l – довжина незатопленої частини трубопроводу, м

S – перетин трубопроводу, м²,

P_a – атмосферний тиск (до пуску насосу в незатопленій частині трубопроводу), Па

$V_{\text{б}}$ – мінімальний об'єм бакового акумулятора, м³,

P – абсолютний тиск в баковому акумуляторі в момент його спустошення та початку руху води в трубопроводі, Па:

$$P = P_a - \rho \cdot g \cdot H_1 - \rho \cdot g \cdot H_{\text{пот}} - \rho \cdot g \cdot H_{\text{ск}}$$

де H_1 – найбільша висота розташування трубопроводу над поверхнею води, м,

$H_{\text{пот}}$ – втрати напору в трубопроводі, м,

$H_{\text{ск}}$ – швидкісний напір, м.

Шляхом перетворень отримаємо:

$$V_{\phi} = \frac{l \cdot S \cdot P_a}{P_a - \rho \cdot g \cdot H_1 - \rho \cdot g \cdot H_{nom} - \rho \cdot g \cdot H_{ск}}$$

Можна приймати: $P_a = 10 \cdot \rho \cdot g$, $H_{nom} \approx 1$ м, $H_{ск} \approx 0$, та отримати:

$$V_{\phi} = \frac{10 \cdot l \cdot S}{9 - H_1}$$

Для заданих умов: $l = 6$ м, $d_{B.B} = 0,279$ м, $H_1 = 5,25$ м, $d_{B.B} = 0,279$ м,

$$S = \frac{\pi \cdot d_{B.B}^2}{4} \rightarrow S = \frac{3,14 \cdot 0,279^2}{4} = 0,061 \text{ м}^2$$

$$V_{\phi} = \frac{10 \cdot 6 \cdot 0,061}{9 - 5,25} = 0,966 \text{ м}^3$$

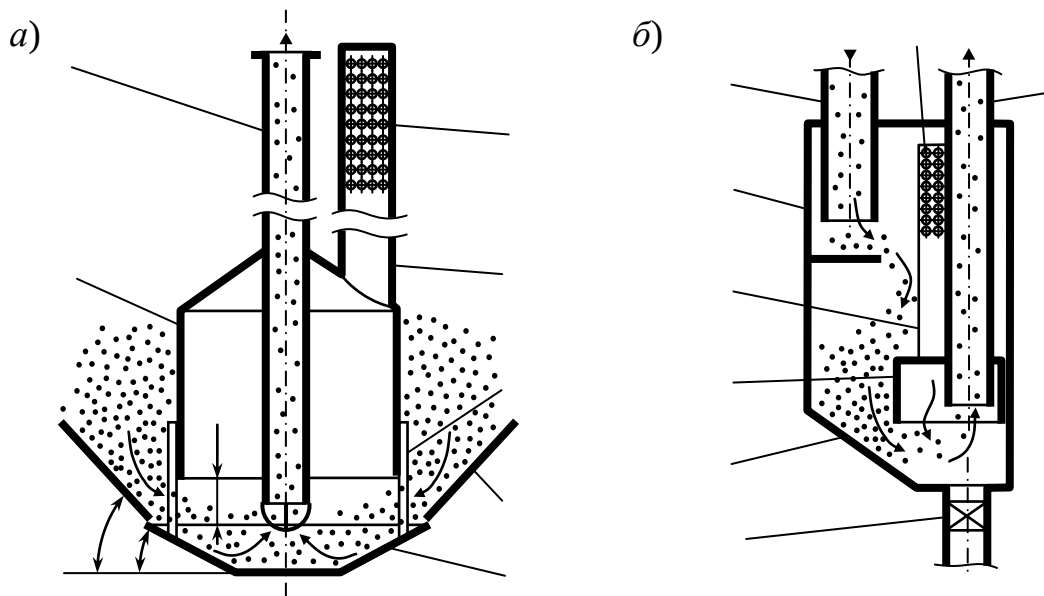
Приклад «Огляд конструкцій вузлів ерліфтних установок»

Конструктивне виконання вузлів ерліфтів відрізняється розмаїттям варіантів конструкцій. Нижче розглянуті варіанти, що отримали найбільше поширення у гірничій промисловості. Основними конструктивними вузлами ерліфта є усмоктувальний пристрій, змішувач, піднімальна труба і повітрявіддільник.

Усмоктувальний пристрій, рис. 3.2а, призначений для забезпечення рівномірної та дозованої подачі твердого в ерліфт. Пристрій, розташований в нижній частині зумпфа, містить у собі вихідний патрубок 1, що примикає до входу підвідної труби ерліфта, камеру підживлення 2, яка обмежує надходження твердого матеріалу, трубу підживлення 6, що має на кінці дросельні отвори 7, конусне днище 3 з кутом $\alpha = 30 \dots 45^\circ$, металеві укісні листи 6, встановлені під кутом $\beta = 60^\circ$, і стійки 5 для фіксації зазору Δh .

Твердий матеріал складається в зумпфі поряд та зверху пристрою, та крізь зазор Δh потрапляє до камери підживлення, де з потоком води усмоктується патрубком 1. Якщо в зумпфі накопичується значний шар твердого матеріалу, то гідравлічний опір зазору Δh збільшується. Тиск у камері підживлення 2 знижується і через отвори 7 у трубі 6 в камеру надходить вода, яка змішується з твердим матеріалом і усмоктується. На місце вилученого твердого матеріалу по похилих листах 4 і стінках днища 3 надходить новий твердий матеріал. Таким чином, забезпечується безупинна подача твердого в ерліфт. Усмоктувальний пристрій є також автоматично діючим дозатором подачі твердого — забезпечує постійну концентрацію

гідросуміші, що усмоктується. Це пояснюється тим, що зі збільшенням кількості твердого у зумпфі зростає опір зазору Δh . Останнє призводить до збільшення витрати води, яка надходить через підживлення і розбавляє тверде до потрібної концентрації. Кількість води, що надходить, а отже і концентрація гідросуміші, визначається сумарною площею дросельних отворів 7.



1 – вхідний патрубок; 2 – камера підживлення; 3 – конусне днище; 4 – укісні листи; 5 – стійки; 6 – труба підживлення; 7 – дросельні отвори; 8 – скидна труба; 9 – герметичний корпус; 10 – зливний патрубок

Рисунок 3.2 – Усмоктувальний пристрій ерліфта (а) та проміжний герметичний усмоктувальний пристрій (б)

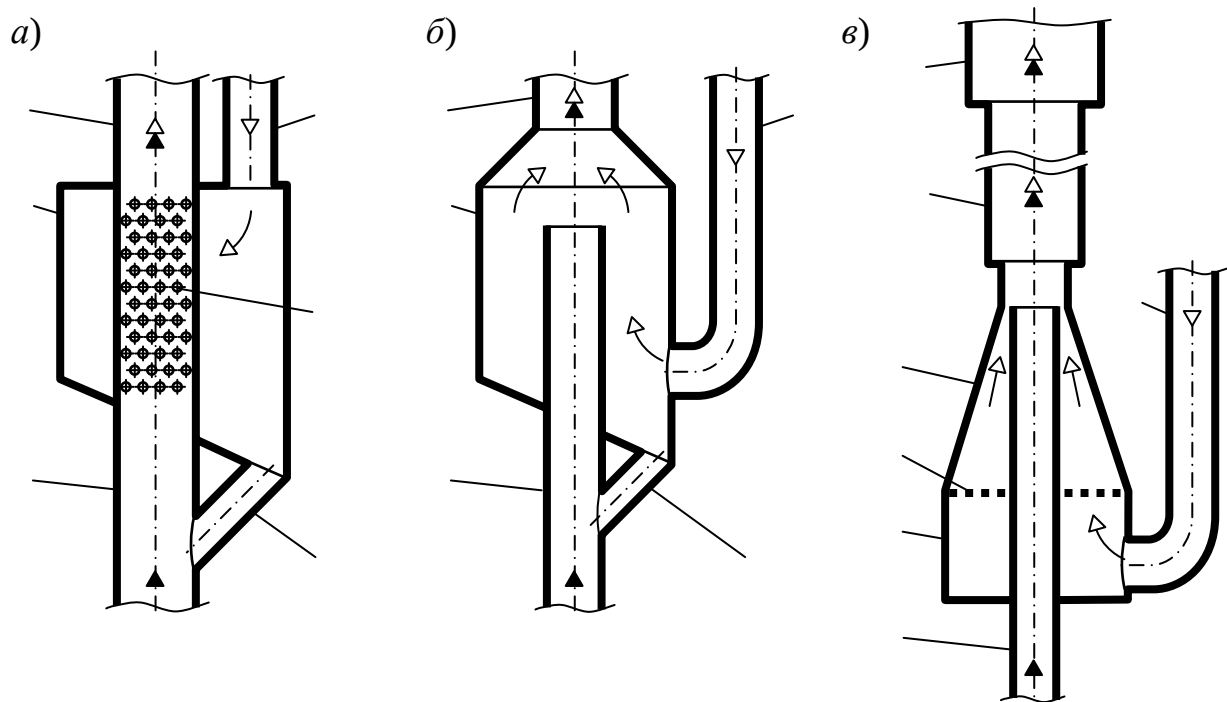
Проміжний герметичний усмоктувальний пристрій, рис. 3.2 б, призначений для дозованої подачі гідросуміші у другу та наступні секції багатоступінчастого ерліфта або у ерліфт з сухим зумпфом. Пристрій має герметичний корпус 9, у який по скидній трубі 8 надходить гідросуміш з повітрявіддільника попередньої секції або з бустерного ерліфта чи вуглесоса. Процес дозування твердого відбувається аналогічно розглянутому вище. Для зливання гідросуміші перед оглядом чи ремонтом пристрою передбачено патрубок 10, який у нормальному стані перекрито засувкою.

Змішувач призначений для змішування рідини і стисненого повітря з можливо більш повною передачею енергії повітря потоку. Крім того, він має забезпечувати пропуск без перешкод у піднімальну трубу твердого, яке надходить з підвідної труби.

На рис. 3.3 представлено три варіанти конструкції змішувача. Змішувач з перфорованою трубою, рис. 3.3 а, забезпечує пропуск стисненого повітря з камери 2 до піднімальної труби 1 через отвори 5 $\varnothing 3...6$ мм і з сумарною

площею, що перевищує в 1,5...2 рази площу перетину піднімальної труби. Впуск повітря крізь велику кількість малих отворів забезпечує ефективне змішування з рідиною. Недоліком конструкції є підвищений знос перфорованої частини піднімальної труби.

У конструкції рис. 3.3 б повітря надходить у підйомну трубу крізь кільцевий зазор між зрізом підвідної труби 3 і конічною кришкою камери 2. Місце вводу стисненого повітря з повітропроводу 4 має бути нижчим за зріз підвідної труби 3, аби запобігти зриву потоку гідросуміші.



1 – піднімальна труба; 2 – циліндрична камера; 3 – підвідна труба;
4 – повітропровід; 5 – отвори; 6 – труба, що акумулює; 7 – камера змішування;
8 – конічна насадка; 9 – решітка

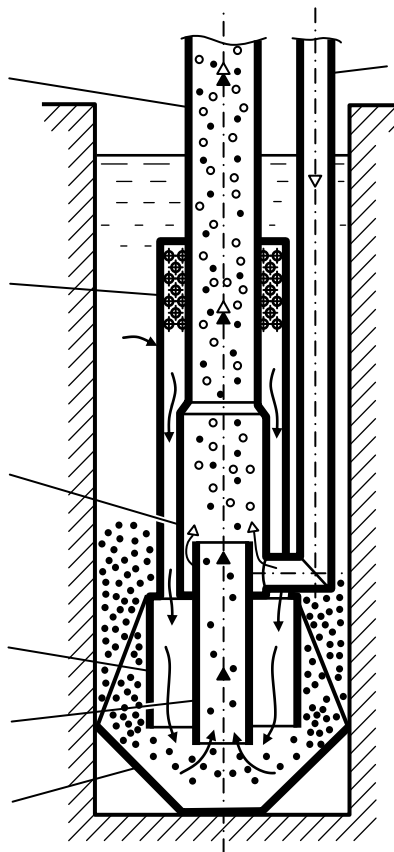
Рисунок 3.3 – Змішувачі з перфорованою трубою (а), з кільцевою щілиною (б) та з елементами струминного апарату (в)

У випадку екстреної зупинки ерліфта гідросуміш починає рухатися униз. При цьому частки твердого можуть потрапити у камеру 2 змішувача і утворити пробку. Тверде має безперешкодно повертатися в підвідну трубу, для чого у конструкціях рис. 3.3 а і б передбачене похиле днище камери 2 і труба, що акумулює, 6. Тверде сповзає по днищу у трубу 6 і повертається у підвідну трубу 3.

Змішувач з елементами струминного апарату, рис. 3.3 в, відрізняється від змішувача з кільцевою щілиною тим, що перетин цієї щілини досить малий. Рухаючись у кільцевому зазорі між підвідною трубою 3 і конічною насадкою 8, стиснене повітря набуває великої швидкості, і на виході з кільцевої щілини утворюється струмінь зі швидкістю 270 ... 280 м/с,

спрямований у камеру змішування 7. В останній створюється розрідження, і під дією збільшеної різниці тисків зростає витрата гідросуміші, що усмоктується у підвідну трубу. Коефіцієнт подачі ерліфтної установки збільшується в 1,4...2,7 рази, а питома витрата повітря зменшується на 28...48 %. Завдяки великій швидкості потоку повітря усувається чіточний режим роботи ерліфтної установки, унаслідок чого в 2...3 рази знижується розмах коливань тиску в піднімальному трубопроводі. Для роботи ерліфтних установок, обладнаних змішувачем з елементами струминного апарата, необхідно забезпечити підвищений на 80 ... 100 кПа тиск стисненого повітря перед змішувачем (в порівнянні зі звичайними ерліфтними установками).

З метою зменшення глибини зумпфів ерліфтних установок розроблені конструкції усмоктувальних пристроїв, сполучених зі змішувачем, які забезпечують більш повне використання глибини зумпфа, рис. 3.4.



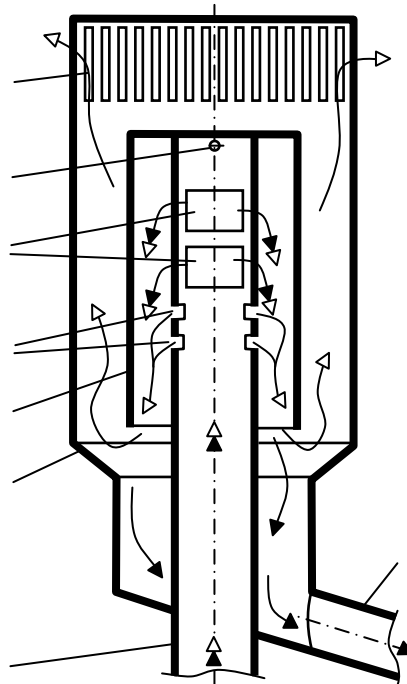
1 – конусне днище; 2 – підвідна труба; 3 – камера підживлення; 4 – камера змішування; 5 – труба підживлення; 6 – піднімальна труба; 7 – повітропровід

Рисунок 3.4 – Усмоктувальний пристрій, сполучений зі змішувачем

Піднімальна труба виготовляється, як правило, з круглих сталевих безшовних гарячекатаних труб, товщина стінок яких вибирається за конструктивними розуміннями. При необхідності транспортування високоабразивних матеріалів піднімальна труба футерується базальтом.

Повітрявіддільник призначений для поділу трифазного потоку аерогідросуміші (вода, тверде і повітря) на дві фази (повітря і гідросуміш). При цьому гідросуміш має бути спрямована в зливальний трубопровід, а повітря – в атмосферу. Конструкція повітрявіддільника повинна забезпечувати якісний поділ повітря і рідини, мати стійкість до гідроабразивного зносу, демпфірувати динамічні навантаження, що виникають при коливальних режимах руху рідини, мати мінімальний гідравлічний опір.

Досвід експлуатації показав, що найбільш раціональною схемою повітрявіддільника є та, у якій реалізована лабіринтова гідравлічна схема. Таку конструкцію має повітрявіддільник з бічним симетричним виходом гідросуміші з піднімальної труби, рис. 3.5.



1 – піднімальна труба; 2 – корпус; 3 – ковпак, що відбиває; 4 – отвори для виходу повітря; 5 – отвори для виходу гідросуміші; 6 – отвори, що демпфують; 7 – вихідні щілини; 8 – скидний патрубок

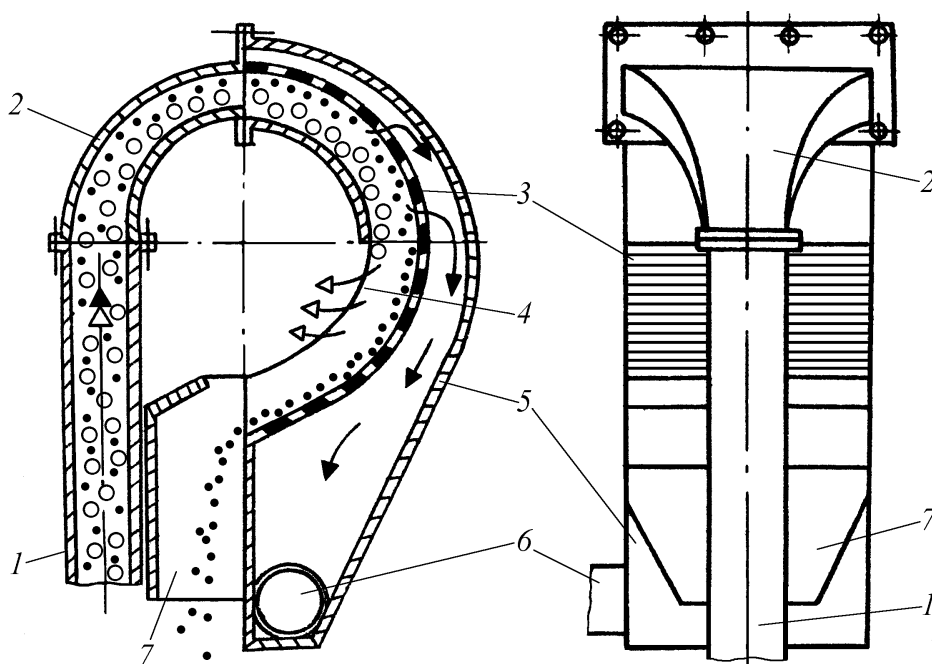
Рисунок 3.5 – Повітрявіддільник лабіринтового типу

Піднімальна труба 1 з торця заглушена, а на її бічних стінках є дві групи отворів: великі прямокутні отвори 5, призначені для виходу рідини, і щілино-подібні отвори 4 — для виходу повітря. Щоб після виходу з піднімальної труби виключити перетинання траєкторії гідросуміші з траєкторією повітря, отвори 5 і 4 розташовані під кутом 90° одне до одного. Вище отворів для виходу пульпи є заглушена ділянка піднімальної труби з отворами, що демпфують, 6.

При роботі повітрявіддільника в заглушеній ділянці утворюється стовп водяно-повітряної суміші, за рахунок стискальності якого гаситься частина динамічних навантажень.

Після виходу з піднімальної труби гідросуміш по стінках ковпака, що відбиває, 3, стікає в нижню частину корпусу 2. Далі вода з твердим направляється по пульпопроводам на збагачувальну фабрику або на карту наміву, а повітря через вихідні щілини 7 — в атмосферу. Щоб потік повітря не виносив з повітрявіддільника частки гідросуміші, його швидкість у зазорі між ковпаком 3 і корпусом 2 не повинна перевищувати 2 м/с.

У невеликих ерліфтах для чищення шахтних водозбірних ємностей застосовується пристрій для розділення аерогідросуміші, який суміщає функції повітрявіддільника і засобу зневоднювання гідросуміші. Пристрій, рис. 3.6, складається з дугового патрубку 2, до якого по піднімальній трубі 1 надходить гідросуміш, і щілинного сита 3. Під впливом відцентрової сили, що виникає при русі потоку дуговим патрубком і уздовж сита, аерогідросуміш розділяється: вода проходить крізь сито у кожух 5 і відводиться зливальною трубою 6, тверде утримується ситом і зсипається по лотку 7 у вагонетку чи на конвеєр, повітря віджимається до центру і виходить крізь вікно 4.



1 – піднімальна труба; 2 – дуговий патрубок; 3 – щілинне сито; 4 – вікно для виходу повітря; 5 – кожух; 6 – зливальна труба; 7 – лоток для відводу твердого матеріалу

Рисунок 3.6 – Пристрій для розділення гідросуміші

Приклад «Удосконалення технологічної схеми зумпфого водовідливу»

Для відкачки води з зумпфів вертикальних стволів крім відцентрових насосів в теперішній час широкого розповсюдження набули гідроелеваторні та ерліфтні установки, а також пневматичні насоси типу НЗВ.

Гідроелеваторні та ерліфтні установки конструктивно прості і надійні в роботі. Вони не мають ні частин, що обертаються, ні частин, які рухаються поступально. Для приведення в дію гідроелеваторних установок потрібна робоча вода, яка продукується спеціальними насосними станціями. Використання технічної води з протипожежного трубопроводу для приводу в роботу гідроелеваторних установок заборонено правилами техніки безпеки.

Ерліфтні установки приводяться до дії стисненням повітрям. Коефіцієнт корисної дії (ККД) ерліфтних установок дуже сильно залежить від відносного занурення, значення якого визначається за формулою:

$$\alpha = \frac{h}{H + h} \quad (3.8)$$

де h – абсолютне занурення змішувача ерліфта під рівень води;

H – геометрична висота підйому води.

Зокрема, при $\alpha = 0,5 \dots 0,6$ ККД одноступінчастої ерліфтної установки наближається до 50%, а при $\alpha = 0,15$ ККД складає лише 10%.

ККД пневматичних насосів типу НЗВ має практично постійне значення – близько 5% при висоті водопідйому до 40 м. Низький ККД пояснюється наявністю в насосі НЗВ ежектуючого пристрою, який забезпечує усмоктування води в робочу ємкість. Витрата стисненого повітря для приводу в роботу насоса НЗВ складає близько 10–12 м³/хв.

В умовах зумпфа повітряподавального ствола (рис. 3.7), застосування гідроелеваторних установок для відкачки води не можна вважати раціональним рішенням. По-перше, в районі приствольного двору відсутні насосні водовідливні установки – до головного водовідливу значна відстань (більше 2 км).

Для обґрунтування можливості застосування ерліфтних установок, зробимо аналітичні дослідження. Спочатку розглянемо можливість застосування одноступінчастої ерліфтної установки. За формулою (3.8) визначимо відносне занурення:

$$\alpha = \frac{h}{H + h} = \frac{6,0}{18 + 6,0} = 0,25,$$

де h – абсолютне занурення змішувача при затопленні насосної камери, $h = 6,0$ м,

H – геометрична висота водопідйому з урахуванням 3-х метрів перепідйому води над рівнем приствольного двора, що необхідне для відводу зливу води на відстань 100 м від ствола (вимога місцевих умов), $H = 18$ м.

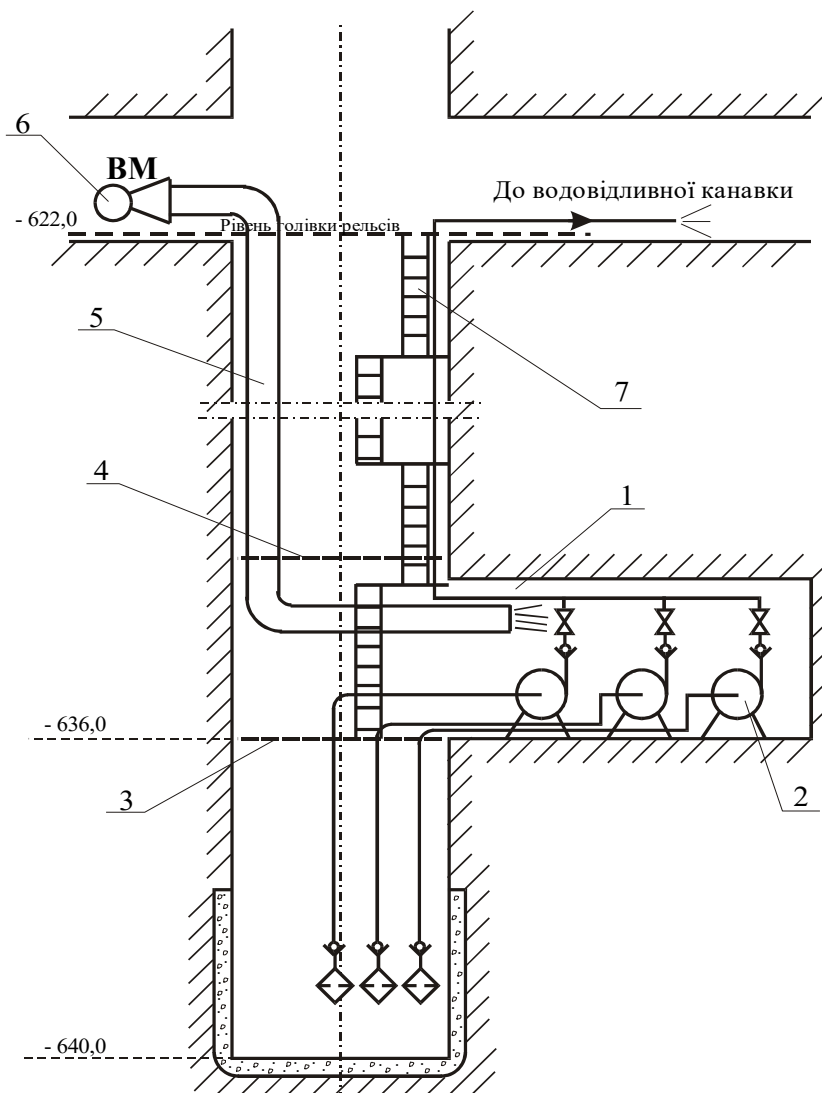
Питома витрата повітря в ерліфтній установці визначиться за залежністю:

$$q = 0,767 \cdot \alpha^{-2,2} = 0,767 \cdot 0,25^{-2,2} = 16,2 \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (3.9)$$

Витрату повітря через ерліфтну установку визначимо за формулою:

$$Q_{\text{в}} = \frac{q \cdot Q_{\text{np}}}{60} = \frac{16,2 \cdot 10}{60} = 2,7 \text{ м}^3/\text{хв}, \quad (3.10)$$

де Q_{np} – приплив води в зумпфову частину ствола, $Q_{\text{np}} = 10 \text{ м}^3/\text{год}$.



1 – насосна камера, 2 – насоси серії ЦНС, 3 – стеля водозбірної ємності зумпфа, 4 – стеля кріплення гальмівних канатів підйомної установки, 5 – повітряпровід вентиляторної установки, 6 – вентилятор місцевого провітрювання, 7 – сходишкове відділення

Рисунок 3.7 – Технологічна схема зумпфового водовідливу

ККД ерліфтної установки визначимо за залежністю:

$$\eta = \frac{\rho g H}{q \cdot P_a \cdot \ln\left(\frac{P_a + P_{см}}{P_a}\right)} \quad (3.11)$$

де ρ – щільність води, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$,

P_a – атмосферний тиск, значення якого приймемо рівним $P_a = 10^5 \text{ Па}$,

$P_{см}$ – тиск стисненого повітря в змішувачі, значення якого визначимо за формулою:

$$P_{см} = P_a + \rho g h \quad (3.12)$$

Підставляючи значення до рівняння (3.11), отримаємо:

$$\eta = \frac{\rho g H}{q \cdot P_a \cdot \ln\left(\frac{2P_a + \rho g h}{P_a}\right)} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 18 \cdot 100\%}{16,2 \cdot 10^5 \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot 10^5 + 1000 \cdot 9,81 \cdot 6}{10^5}\right)} = 11,5\%$$

Виходячи з виконаних розрахунків, можна зробити висновок, що ККД одноступінчастої ерліфтної установки достатньо малий, і складає близько 11,5%.

Здійснюємо аналіз роботи в даних умовах 2-х ступінчастої ерліфтної установки. Приймаємо відносні занурення обох ступеней дорівнюючими одна одній. У першому наближенні приймемо їх розмір дорівнюючим $\alpha = 0,45$. Тоді висота підйому води ерліфтом першої ступені визначиться за залежністю:

$$H_1 = \frac{h_1 \cdot (1 - \alpha)}{\alpha} = \frac{6,0 \cdot (1 - 0,45)}{0,45} = 7,3 \text{ м.} \quad (3.13)$$

Абсолютне занурення ерліфта 2-ї ступені визначимо за формулою:

$$h_2 = h_1 + H_1 - 0,8 = 6 + 7,3 - 0,8 = 12,5 \text{ м.} \quad (3.14)$$

Висота підйому пульпи ерліфтом 2-ї ступені:

$$H_2 = \frac{h_2 \cdot (1 - \alpha)}{\alpha} = \frac{12,5 \cdot (1 - 0,45)}{0,45} = 15,3 \text{ м,} \quad (3.15)$$

Загальна довжина ерліфта 2-ї ступені:

$$\sum L_2 = h_2 + H_2 = 12,5 + 15,3 = 27,8 \text{ м.} \quad (3.16)$$

Через те, що довжина ерліфта 2-ї ступені перевищує загальну глибину зумпфа з урахуванням перепідйому води над рівнем приствольного двора ($27,8 > 25,0$ м), відносно занурення ерліфтів збільшимо до значення $\alpha = 0,47$.

Тоді:

$$H_1 = \frac{6,0 \cdot (1 - 0,47)}{0,47} = 6,8 \text{ м, } h_2 = 6 + 6,8 - 0,8 = 12,0 \text{ м,}$$
$$H_2 = \frac{12,0 \cdot (1 - 0,47)}{0,47} = 13,5 \text{ м, } \sum L_2 = 12,0 + 13,5 = 25,5 \text{ м.}$$

Через те, що $25,0 \approx 25,5$ м, розбивку ерліфта по ступенях можна вважати закінченою.

Питому витрату повітря 2-х ступеневого ерліфта визначимо за залежністю (3.9):

$$q = 2 \cdot 0,767 \cdot \alpha^{-2,2} = 2 \cdot 0,767 \cdot 0,47^{-2,2} = 8,1 \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

Витрата повітря через ерліфтну установку:

$$Q_s = \frac{q \cdot Q_{np}}{60} = \frac{8,1 \cdot 10}{60} = 1,35 \text{ м}^3/\text{хв}, \quad (3.17)$$

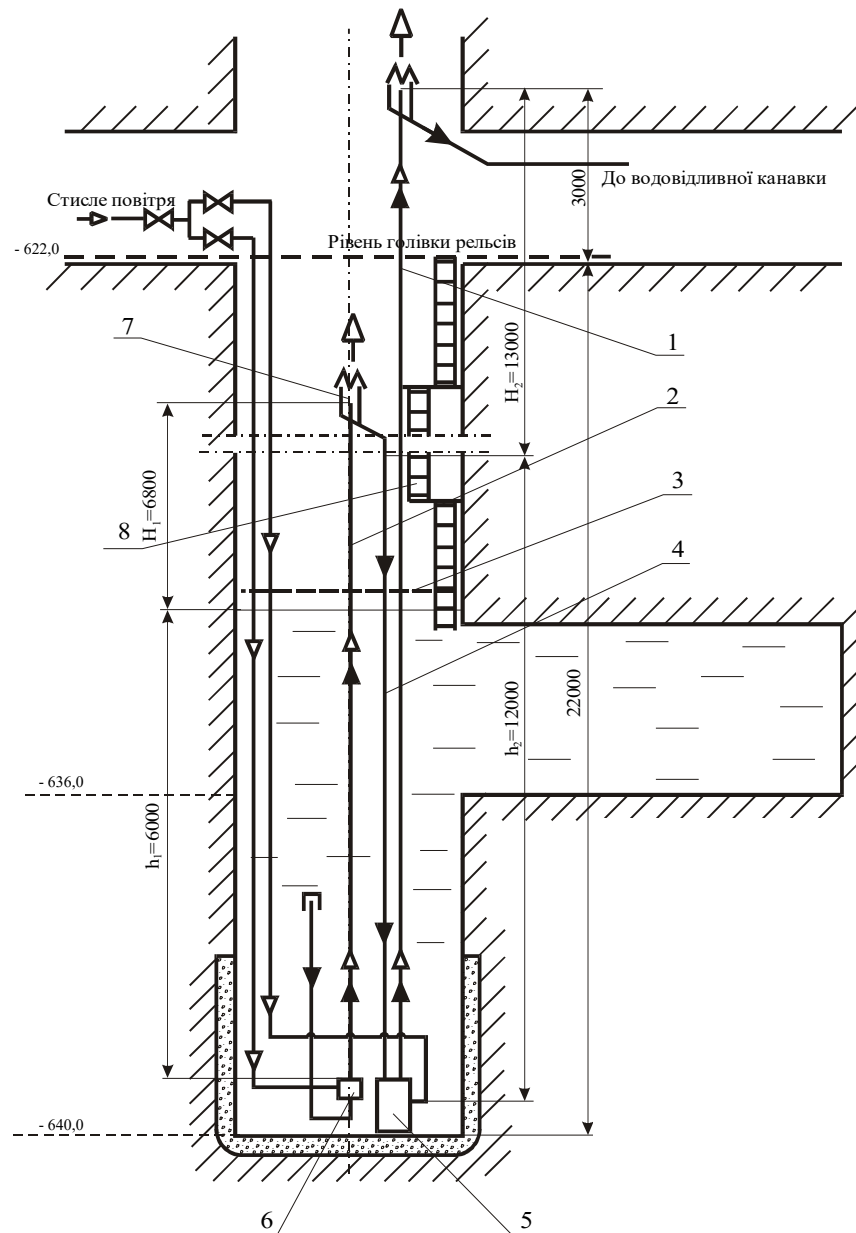
ККД 2-х ступеневої ерліфтної установки:

$$\eta = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 18 \cdot 100\%}{8,1 \cdot 10^5 \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot 10^5 + 1000 \cdot 9,81 \cdot 6}{10^5}\right)} = 23\%.$$

Таким чином, 2-х ступенева ерліфтна установка, що працює на у безупинному режимі буде споживати близько $1,35 \text{ м}^3/\text{хв}$ стисненого повітря при ККД, яке дорівнює 23%. Якщо порівнювати розрахункові параметри двоступінчастої ерліфтної установки з характеристиками насосів НЗВ, то виходить, що ерліфтна установка значно перевершує за всіма параметрами насоси серії НЗВ. Виходячи з цього, для зумпфового водовідливу застосуємо 2-х ступінчасту ерліфтну установку.

У зв'язку з вибором у якості засобів зумпфового водовідливу 2-х ступінчастої ерліфтної установки, технологічна схема водовідливу буде

наступною (рис. 3.8): рівень води у водозбірній ємності зумпфа піднімається на 3 м вище, тобто насосна камера водовідливу цілком затоплюється водою.



1 – друга ступень ерліфта, 2 – перша ступень ерліфта, 3 – полок для кріплення гальмівних канатів, 4 – зливна труба, 5 – всмоктуючий пристрій 2-ї ступені ерліфта, 6 – змішувач 1-ї ступені ерліфта, 7 – повітрявідділювач, 8 – сходишкове відділення

Рисунок 3.8 – Технологічна схема зумпфового водовідливу за допомогою двоступінчастої ерліфтною установки

На ґрунт водозбірної ємності зумпфа спускаються обидві ступені ерліфтною установки; перша ступінь 2 ерліфтною установки складається зі змішувача 6, до якого підводиться стиснене повітря, а усмоктувальна труба повернена нагору в область освітленої води; перша ступінь ерліфтною

установки занурюється під рівень води на глибину, дорівнюючу $h_1 = 6$ м, піднімає воду на висоту, дорівнюючу $H_1 = 6,8$ м; потім вода з повітрявідділювача 7 першої ступені ерліфта зливним трубопроводом 4 направляється до всмоктувального пристрою 5 2-ї ступені ерліфта; друга ступень остаточно піднімає воду з зумпфа на висоту, більшу за 3 м відносно рівня приствольного двора; з повітрявідділювача 2-ї ступені ерліфтною установки вода направляється по зливному трубопроводу до водовідливної канавки. Для роботи ерліфтних установок використовується стиснене повітря з шахтної пневматичної мережі. Ерліфтна водовідливна установка практично не потребує обслуговування, тому в зумпфі щоденному обслуговуванню й огляду підлягають лише гальмівні канати і механізми їх кріплення до полка.

Приклад «Вимоги правил безпеки при експлуатації стаціонарних установок гірничих підприємств» (витяг з «Правил безпеки у вугільних шахтах»)

Вентиляційне обладнання

Стволи, шурфи та інші виробки, обладнані вентиляторними установками і призначені для пересування працівників і транспортування вантажів, повинні мати шлюзові пристрої. Кожна перемикачка в шлюзі повинна мати основні та реверсивні двері (ляди), що відкриваються в протилежні боки.

Вентиляційне обладнання повинне зводитися відповідно до типового проекту. Допускається до виходу типового проекту зведення вентиляційних пристроїв за технологічно-проектною документацією (ТПД), затвердженою директором або головним інженером шахти, та за згодою з територіальним органом Держгірпромнагляду.

Вентиляторні установки

Провітрювання підземних виробок повинне проводитися за допомогою безперервно працюючих головних вентиляторних установок, розташованих на поверхні шахт біля устів герметично закритих стволів, шурфів, штолень, свердловин.

У разі реконструкції шахти або вентиляційної мережі тимчасове використання допоміжних вентиляторних установок у підземних гірничих виробках допускається за згодою з територіальним органом Держгірпромнагляду та за умови дотримання відповідних рекомендацій спеціалізованих галузевих інститутів на підставі науково-дослідної роботи (НДР) та державної воєнізованої гірничо-рятувальної служби (ДВГРС).

Головні вентиляторні установки повинні складатися не менше ніж із двох вентиляторних агрегатів, причому один з них повинен бути резервним. Вентилятори на газових шахтах, а також для нових та реконструйованих установок повинні бути одного типу і розміру.

Усі вентилятори, що випускаються, повинні бути обладнані гальмовими або стопорними пристроями, що перешкоджають мимовільному обертанню ротора вентилятора.

При проектуванні та експлуатації вентиляторних установок повинні передбачатися спеціальні запобіжні заходи щодо обмерзання проточної частини вентиляторів, каналів та перемикаючих пристроїв, а також запобіжні заходи щодо попадання в проточну частину вентиляторної установки часток гірничої маси (штибу) і води. Вентиляторні канали повинні регулярно очищатися від пилу, сторонніх предметів та обладнання, а також мати обладнаний шлюзом вихід на поверхню.

У каналі вентиляторної установки в місцях сполучення зі стволом (шурфом, свердловиною) і перед колесом вентилятора повинні встановлюватися захисні ґрати висотою не менше 1,5 м.

Допускається провітрювання ліквідованих шахт, шахт, що перебувають у режимі "сухої" консервації, і гідрозахисних шахт за рахунок природної тяги за проектом, розробленим інститутом-проектувальником із залученням галузевих спеціалізованих інститутів, депресійної служби ДВГРС та за згодою з територіальним органом Держгірпромнагляду за умови наявності вентилятора головного провітрювання в робочому стані.

Головні вентиляторні установки повинні забезпечувати реверсування вентиляційного струменя у всіх гірничих виробках, провітрюваних за рахунок загальношахтної депресії.

Переведення вентиляторних установок на реверсивний режим роботи повинно виконуватися не більше 10 хвилин. Витрата повітря, що проходить по виробках в реверсивному режимі провітрювання, повинна становити не менше 60 % від об'єму повітря, що проходить ними в нормальному режимі. При цьому вміст метану у кожній виробці не повинен перевищувати 2 %. Справність дії реверсивних, перемикаючих та герметизуючих пристроїв повинна перевірятися головним механіком шахти і начальником дільниці вентиляції та техніки безпеки (ВТБ) не рідше одного разу на місяць. Результати перевірок заносяться в Книгу огляду вентиляторних установок та перевірки реверсування. Книга повинна бути прошнурована і скріплена печаткою підприємства, а сторінки пронумеровані.

На всіх шахтах не рідше двох разів на рік (влітку та взимку), а також при змінненні схеми провітрювання та після заміни вентиляторів повинне проводитися за планом, погодженим з командиром ДВГРС, реверсування вентиляційного струменя у виробках, а також перевірка інших вентиляційних режимів відповідно до ПЛА. При проведенні реверсування на газових шахтах всіх категорій подача електроенергії в шахту повинна відключатися (за винятком головних підйомів, дегазаційних і вентиляторних установок, розташованих на поверхні шахт). Допускається при проведенні реверсування поновлення подачі електроенергії в шахту на головні водовідливні установки за умови стійкого вмісту метану не більше 0,5 % у виробках, де експлуатується електроустаткування та прокладені силові кабелі. Тривалість реверсування вентиляційного струменя повинна бути не менше часу, необхідного для виведення на поверхню всіх підземних працівників, які

можуть бути захоплені аварією. Виконувати в шахті роботи, не пов'язані з реверсуванням, крім життєзабезпечення шахти, не допускається.

Вентиляторні установки повинні бути оснащені всіма контрольно-вимірювальними приладами, передбаченими проектом. Інформація про робочі параметри вентиляторної установки (подача, тиск, положення ляд) повинна виводитися на диспетчерський пункт шахти.

Вентиляторні установки повинні обслуговуватися машиністами (мотористами). Допускається експлуатація вентиляторної установки без постійної присутності машиніста за наявності апаратури дистанційного управління та контролю відповідно до проекту. При цьому дистанційний пункт керування та контролю повинен перебувати в диспетчерському пункті шахти. У будівлі вентиляторної установки повинен бути зв'язаний безпосередньо із центральним комутатором шахти на поверхні або гірничим диспетчером телефон у шумоізольованій кабіні з виведеним сигнальним пристроєм.

У будівлі вентилятора, а для автоматизованих установок також і в пункті керування повинні бути вивішені: схема реверсування вентиляторної установки, схема електропостачання, індивідуальні характеристики вентиляторів і інструкція для машиніста або особи, що обслуговує пульт керування вентиляторною установкою.

У випадку зупинки діючого вентиляторного агрегату та неможливості пуску резервного вентиляторного агрегату повинен бути введений у дію ПЛА і вжиті невідкладні заходи до поновлення роботи діючого та приведення в робочий стан резервного вентиляторних агрегатів.

На шахтах III категорії, надкатегорійних та небезпечних за газодинамічними явищами при встановленні електроустаткування загального призначення в приміщенні, через яке проходить канал або дифузор вентиляторної установки, повинна передбачатися примусова нагнітальна вентиляція, що вмикається при зупинці вентилятора.

Водовідливні установки і водовідлив

На кожній шахті повинні бути водовідливні установки (головні і дільничні), що забезпечують відкачування максимальних припливів води в діючі виробки. Будівництво, обладнання та експлуатація кожної водовідливної установки повинні здійснюватися згідно з проектом, розробленим проектною організацією.

Головна водовідливна установка повинна мати водозбірник, що складається з двох і більше ізольованих одна від одної гілок; насосну камеру з хідниками, що сполучують насосну камеру зі стволом та виробками приствольного двору або горизонту.

Якщо приплив води менше ніж $50 \text{ м}^3/\text{год}$, дозволяється розташування водовідливних установок без насосних камер.

Місткість водозбірників головного водовідливу повинна забезпечувати накопичування не менше ніж чотиригодинного максимального припливу

води, а дільничного - не менше ніж двогодинного максимального припливу води. Максимальне замулення водозбірника і попереднього відстійника не повинне перевищувати 30 % їх об'єму.

Для водовідливних установок, що будуються або реконструюються:

а) об'єм водозбірника головного водовідливу має бути розрахований не менш ніж на восьмигодинний приплив з власного горизонту і не менш ніж на чотиригодинний - для дільничного водовідливу;

б) водозбірники головних водовідливних установок, що відкачують воду на поверхню шахти, повинні мати попередні відстійники (шламонакопичувачі) з місткістю, достатньою для осідання твердих фракцій з води, що прибуває. Вміст твердих фракцій у воді після попереднього відстійника має бути не більш ніж 0,1 % (за масою);

в) попередній відстійник має складатися з двох частин з можливістю почергової роботи та облаштовуватися засобами механічного його очищення. Дозволяється влаштування водозбірників і попередніх відстійників у підтримуваних виробках, що не використовуються.

Водозбірники, що будуються або реконструюються, повинні мати:

а) відстань від підосви водозбірника до осі валу, встановленого на фундамент насоса, що не перевищує 5 м;

б) запірний пристрій між колектором (колодязем) і кожною гілкою водозбірника;

в) герметизувальні пристрої, якщо колектор (колодязь) сполучається з виробкою приствольного двору не тільки через водозбірник;

г) рівень підосви колектору (колодязя), нижчий за рівень підосви водозбірника не менше ніж 1,5 м;

г) механічне очищення від продуктів замулення у кожній гілці.

Насосна камера головного водовідливу повинна з'єднуватися:

а) із стволом або уклоном шахти – трубокабельним хідником, місце сполучення якого з вертикальним стволом має розташовуватися не нижче 7 м від рівня підлоги насосної камери і з похилим стволом або виробкою - не нижче ніж 3,5 м;

б) із приствольним двором – хідником з герметичними дверима;

в) із водозбірником за допомогою пристрою, що дозволяє регулювати надходження води і герметизувати насосну камеру.

Насосна камера повинна бути обладнана рухомими вантажно-підйомними механізмами з ручним або електричним приводом.

Підлога насосної камери має бути вища за підосву приствольного двору не менше ніж на 0,5 м.

Розміри насосної камери повинні забезпечувати вільний доступ до насосних агрегатів, запірної арматури, трубопроводів і вільний рух засобів підйому-переміщення (крана та рейкового рухомого складу).

У насосній камері мають бути обладнані приміщення для обслуговуючого персоналу, складу запасних частин, пристосувань і

матеріалів. Приміщення для обслуговуючого персоналу повинно бути ізольоване від шуму і вібрації.

Під час проходки стволів проміжні насосні камери повинні мати вихід до ствола завширшки не менше ніж 2,5 м та заввишки 2,2 м. Вхід до камери повинен зачинятися міцною ґратчастою огорожею.

Головні і дільничні водовідливні установки повинні бути обладнані не менше ніж трьома насосними агрегатами, подача кожного з яких має забезпечувати відкачування добового припливу води не довше ніж за 20 годин.

Для водовідливних установок, що будуються або реконструюються:

- тривалість відкачування добового припливу води кожним насосним агрегатом (групою робочих агрегатів) повинна становити не більше ніж 16 годин;

- загальна кількість насосних агрегатів головних водовідливних установок незалежно від часу відкачки добового припливу води повинна бути не менше ніж:

$$N = 2n + 1,$$

де N – загальна кількість насосних агрегатів;

n – кількість насосних агрегатів в робочій групі.

Отримані результати округлюються в більший бік.

Головна водовідливна установка має бути обладнана не менше ніж двома напірними трубопроводами, з яких один є резервним. Якщо кількість робочих трубопроводів більше трьох, має бути два резервні трубопроводи.

Комутація напірних трубопроводів у насосній камері повинна забезпечувати відкачування максимального добового припливу під час ремонту будь-якого їх елемента.

Діаметр всмоктувального трубопроводу має бути таким, щоб швидкість води в ньому не перевищувала 2 м/с, а втрата напору не перевищувала 1,5 м водяного стовпа.

Діаметр напірного трубопроводу має бути таким, щоб втрати напору не перевищували 5 % від геодезичної висоти підйому води.

Для шахт, що проектуються і будуються, трубопроводи з тиском води понад 6,4 МПа прокладаються в стволах з бокових сторін клітей.

На діючих шахтах експлуатація трубопроводів, розміщених навпроти торцевих сторін кліті, дозволяється за умови виконання суцільної огорожі протягом усієї довжини ставу за тиску води понад 6,4 МПа.

Якщо водовідливна установка має висоту подачі води понад 400 м, її напірні трубопроводи обладнуються пристроєм запобігання або гасіння гідроударів.

Напірні трубопроводи головних водовідливних установок після монтажу і через кожні 5 років експлуатації повинні після діагностики проходити гідравлічне випробування на тиск, який складає 1,25 (125 %) робочого тиску.

4 ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

Курсовий проект повинен містити крім текстової частини ще графічну частину.

Графічна частина виконується на основі виконаних в проекті досліджень, розрахунків, наведених рекомендацій та висновків. Що виносити у графічну частину студент вирішує разом з консультантом курсового проекту після виконання текстової його частини.

Наприклад, якщо тема проекту «Аналіз роботи головної водовідливної установки шахти», то в текстовій частині повинні міститись: перевірочний розрахунок режиму роботи насосів головного водовідливу (визначення робочого режиму – аналітичним та(або) графічним способом, визначення кавітаційної характеристики та допустимої висоти всмоктування, енергетичні показник роботи установки й т.п.). В разі роботи насосів по одному або кільком показникам в недопустимих режимах, здійснити вибір нового насосного обладнання і також здійснити його розрахунок. По даній темі також необхідно здійснити огляд способів та застосованих засобів чищення шахтних технологічних ємностей водовідливу і зробити відповідні висновки. В разі незадовільних висновків відносно процесу чищення – запропонувати необхідні засоби та розробити технологічну схему чищення шахтних технологічних ємностей водовідливу. У «графічній частині» по даній темі можна навести: схему насосної камери, гідравлічну схему підключення насосів у насосній камері з таблицею перемикання засувки, графіки визначення робочого режиму (для існуючих насосів і, за необхідності, для новообраних), технологічну схему чищення шахтних технологічних ємностей, схематичне зображення окремих елементів технологічної схеми чищення і т.п.

Наприклад, якщо тема проекту «Удосконалення засобів чищення зумпфа головного ствола», то в текстовій частині повинні міститись: опис та критичний аналіз існуючих способів чищення зумпфів скіпових стволів шахт; розробка технологічної схеми зумпфа головного ствола; розробка конструктивних рішень, що дозволять реалізувати запропоновану технологію чищення зумпфа; огляд питань виготовлення і монтажу обраного обладнання; огляд питань експлуатації та усунення можливих несправностей застосованих засобів; огляд питань техніки безпеки. У «графічній частині» по даній темі можна навести: розроблену технологічну схему зумпфа головного ствола; схематичне зображення окремих елементів технологічної схеми чищення зумпфа; графічні будови, що описують процеси, які протікають у вибраних засобах зневоднення; отримані в результаті дослідження аналітичні залежності, діаграми і т.п.

Нижче наведено приклади виконання графічних частин курсових проектів.

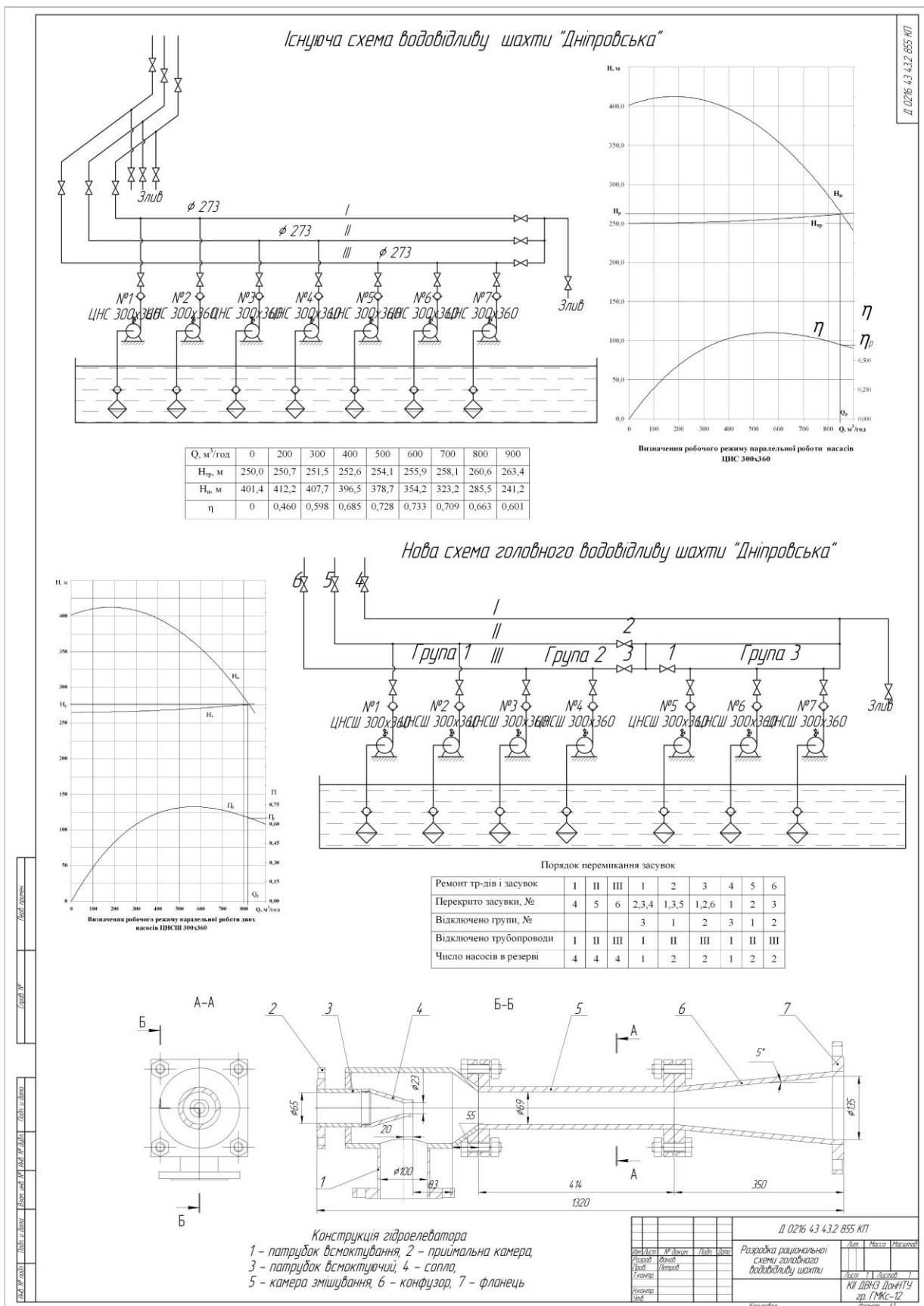


Рисунок 4.1 – Приклад виконання графічної частини до курсового проекту на тему «Розробка раціональної схеми головного водовідливу шахти»

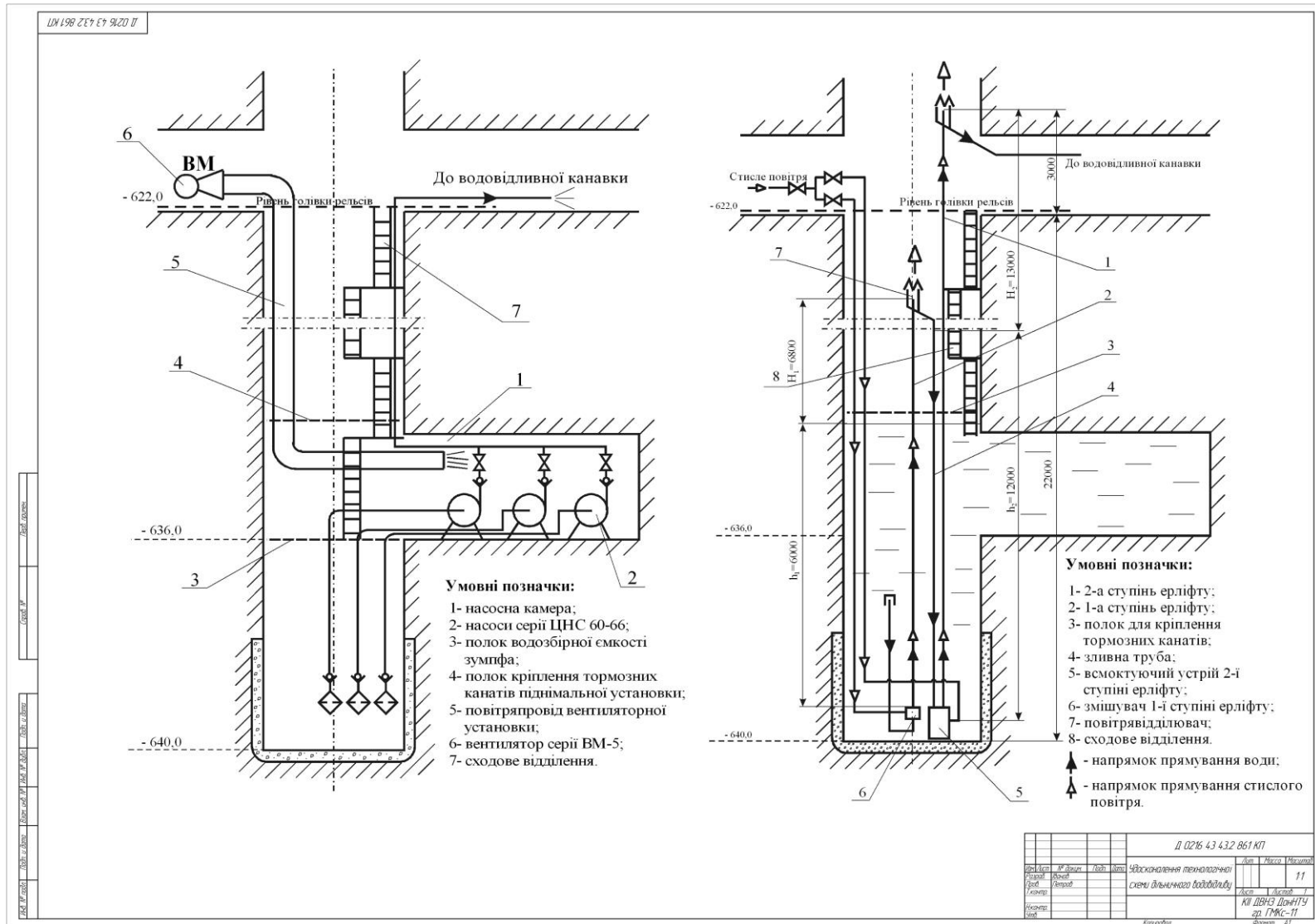


Рисунок 4.2 – Приклад виконання графічної частини до курсового проекту на тему «Удосконалення технологічної схеми зумпфового водовідливу»

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексеев В.В. Стационарные машины. Учеб. для вузов. – М.: Недра, 1989. – 416 с.: ил.
2. Бойко М. Г., Козиряцкий Л. М., Кононенко А. П. Землесосні і ерліфтно-землесосні снаряди: Навч. посібник. — Донецьк: ДонНТУ, 2005. — 296 с.
3. Гейер В.Г., Тимошенко Г.М. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки. – М.: Недра, 1987. – 270 с.
4. Гидроподъем полезных ископаемых /Антонов Я.К., Козыряцкий Л.Н., Пашенко В.С., Малашкина В.А. и др. — М.: Недра, 1995. – 173 с.
5. Дурнов П.И. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учеб. пособие для теплоэнерг. спец. вузов/Киев; Одесса: Висш. шк., 1985. - 262с.: ил.
6. Иванов О.П. Аэродинамика и вентиляторы : Учеб. для вузов по спец. "Холодильн. и компрессор. машины и установки" – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986. - 279 с.
7. Картавый Н.Г. Стационарные машины. – М.: Недра, 1981. – 328 с.
8. Коденцов А. Я. Гидротехнология на шахтах. – М.: Недра, 1984. – 320 с.
9. Кондрашова Н.Г. Холодильно-компрессорные машины и установки: Учеб. для машиностроит. техникумов - М.: Высш. шк., 1984. - 335с.: ил.
10. Курылев Е.С. Холодильные установки: Учеб. для вузов по спец. "Холод. и компрессор. машины и установки" - Л.: Машиностроение, 1980. - 622с.: ил.
11. Малеев В. Б., Данилов Е. И., Яковлев В. М. Специальные средства водоотлива и гидромеханизированной очистки шахтных водосборных емкостей: Учеб. пособие. — Донецк: ДПИ, 1986. — 36 с.
12. Методичні вказівки до виконання контрольних робіт з проектування водовідливних установок гірничих підприємств (для напрямків підготовки "Електромеханіка", "Інженерна механіка", "Гірництво")/Укл.: доц., к.т.н. Триллер Є.А., доц., к.т.н. Кондратенко В.Г., ст. викл. Нємцев Е.М. – Красноармійськ: КП ДВНЗ ДонНТУ, 2010. – 51 с.
13. Методические рекомендации по применению средств механизации очистки шахтных водосборных емкостей. Гейер В. Г., Антонов Я. К., Боруменский А. Г., Малеев В. Б. и др. / Под ред. В. Г. Гейера. — Донецк.: ЦБНТИ Минуглепрома СССР, 1983. — 52 с.
14. Методичні рекомендації щодо виконання лабораторних робіт з нормативної навчальної дисципліни циклу дисциплін професійної та практичної підготовки "Стаціонарні машини" для студентів денної та заочної форм навчання галузі знань 0903 "Гірництво", напрямів підготовки: 6.090300 "Розробка родовищ корисних копалин" – РКК; 6.090301 "Охорона

праці в гірничому виробництві" – ОПГ/Укладачі: Є.А. Триллер, Е.М. Нємцев – Красноармійськ: КІП ДВНЗ ДонНТУ, 2011. – 91 с.

15. Рахмилевич З.З. Компрессорные установки : Справ. изд. для рабочих - М.: Химия, 1989. - 271с.: ил.

16. Правила безпеки у вугільних шахтах. Наказ Держгірпромнагляду 22.03.10 р. № 62. Київ, 2010 – 430 с.

17. Шерстюк А.Н. Насосы, вентиляторы, компрессоры : Учеб. пособие для энерг. спец. вузов - М.: Высш. школа, 1972. - 342с.: ил.

18. Цейтлин Ю.А., Мурзин В.А. Пневматические установки шахт. – М.: Недра, 1985. – 352 с.

19. Энциклопедия эрлифтов /Папаяни Ф.А., Козыряцкий Л.Н., Пащенко В.С., Коно-ненко А.П., Донецк, Москва, издательство «ИнформСвязьИздат», 1995.-589 с.

20. Эрлифтные установки /Гейер В.Г., Козыряцкий Л.Н., Пащенко В.С., Антонов Я.К. Донецк: ДПИ, 1982. – 64 с.

21. Юфин А. П. Напорный гидротранспорт. М.-Л.: Госэнергетическое изд.,1950.