

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАУКОВІ ПРАЦІ
ДОНЕЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

**СЕРІЯ:
ЕЛЕКТРОТЕХНІКА
І**

ЕНЕРГЕТИКА

Всеукраїнський науковий збірник,
заснований у червні 2003 року
Виходить 2 рази на рік

№2(23)'2020

Покровськ – 2020

ЗМІСТ

Шавьолкін О.О., Шведчикова І.О., Марченко Р.М., Пісоцький А.В. ПІДКЛЮЧЕНА ДО МЕРЕЖІ З БАГАТОЗОННОЮ ТАРИФІКАЦІЄЮ ФОТОЕЛЕКТРИЧНА СИСТЕМА З АКУМУЛЯТОРНОЮ БАТАРЕЄЮ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ЛОКАЛЬНОГО ОБ'ЄКТА.....	6
Шейна Г. О. АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ.....	16
Шавьолкін О. О., Шведчикова І. О., Кругляк Г. В., Становський Є. Ю., Підгайний М. О. ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛІННЯ ПІДКЛЮЧЕНОЮ ДО МЕРЕЖІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЮ СИСТЕМОЮ З АКУМУЛЯТОРОМ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ЛОКАЛЬНОГО ОБ'ЄКТА.....	20
Сивокобиленко В. Ф., Лисенко В. А. АНАЛІЗ ПОВЕДІНКИ СИНХРОННИХ ДВИГУНІВ У РЕЖИМАХ ПЕРЕМИКАННЯ НА РЕЗЕРВНЕ ЖИВЛЕННЯ.....	28
Смолянinov В. Г., Сухопара О. М. УДОСКОНАЛЕННЯ КЕРУВАННЯ ЛІНІЙНИМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПРИСТРОЕМ З ПОКРОКОВИМ РУХОМ ЯКОРЯ.....	38
Тютюнник Н. Л., Шейна Г. О. АНАЛІЗ ПРИСТРОЇВ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ.....	44
Кондратенко В. Г., Калиниченко В. В. ДЕЯКІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ШАХТНИХ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ.....	48
Скрипник С. О. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПЕРЕНАПРУГ НА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЕНЕРГОСИСТЕМАХ	52
Нємцев Е. М. АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ ПРИ НАЯВНОСТІ УШКОДЖЕНЬ СТРИЖНІВ РОТОРА	59
Любименко О. М., Штепа О. А. ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ РОБОТИ ТА ВИТРАТИ ПАЛИВА ДЛЯ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ	65
Остренко Д. О., Колларов О. Ю. АНАЛІЗ ВПЛИВУ КУТА НАХИЛУ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА РОБОТУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ З ВИКОРИСТАННЯМ ВДЕ.....	70
Тімошенко С. М., Нємцев Е. М. ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РІШЕНЬ ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ ЛИВАРНОГО КЛАСУ	77
Придятько І. В., Колларов О. Ю., Кардаш Д. О., Тютюнник Н. Л. РОЗВИТОК АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ.....	87

В.Г. КОНДРАТЕНКО (канд.техн.наук, доц.), В.В. КАЛИНИЧЕНКО (канд.техн.наук)

Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ШАХТНИХ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ

Досвід експлуатації шахтних насосів свідчить про низьку надійність та недовговічність такого відповідального вузла як розвантажувальний пристрій, що загалом зменшує надійність та енергоефективність роботи насосної установки. Для вирішення шляхів удосконалення розвантажувального пристрою необхідно визначити вплив режимів роботи шахтного насоса на зношування розвантажувального пристрою. У статті викладені методи і засоби контролю зношування складових дискового розвантажувального пристрою насосного агрегату. Окремо приводиться метод контролю зношування під час роботи насоса в усталеному режимі, а також під час пуску і зупинки насоса.

Ключові слова: енергоефективність, шахтна водовідливна установка, насос, розвантажувальний пристрій, режими роботи насосних агрегатів

Постановка проблеми. Шахтні водовідливні установки, які використовують на головному водовідливні гірничих підприємств, мають потужність приводу до 1600кВт. Для зменшення невиробничих втрат енергії, а також для безперервної роботи гірничого підприємства шахтні насоси повинні бути енергоефективними та надійними. Аналіз простоїв водовідливних установок свідчить про те, що слабким вузлом є розвантажувальний пристрій. Цей факт може привести не тільки до виходу з ладу насосної установки, але і до можливих тривалих простоїв шахти.

Для врівноваження осьової сили, яка діє на ротор насоса в умовах шахти в більшості випадках використовуються дискові розвантажувальні пристрої (рис. 1). Основними елементами розвантажувального вузла є: розвантажувальний диск з закріпленням на ньому рухомим кільцем розвантаження, нерухоме кільце розвантаження, втулка розвантаження і дистанційна втулка. Шахтна вода під тиском останнього робочого колеса насоса P_1 через кільцеву щілину між втулками 4 і 5 попадає в розвантажувальну камеру. В розвантажувальній камері тиск води зменшується на величину втрат тиску в кільцевій щілині до величини рівній P_2 . З тиском P_2 вода діє на розвантажувальний диск, що викликає врівноважену силу протилежну по напрямку осьовій силі. З камери розвантаження вода, через торцеву щілину, між кільцями 1 і 2, потрапляє в камеру за розвантажувальний диск (де тиск води знижується до значення P_3) і в подальшому за допомогою розвантажувального шлангу виливається в приймальний колодязь водозбірника. Зміна значення осьової сили під час роботи насоса викликає зміну величини торцевого зазору між розвантажувальними кільцями, що в свою чергу приводить до зміни тиску P_2 і врівноваженій сили. Це означає, що врівноважена сила буде завжди рівною осьовій силі, але протилежно направленою.

Як було вже сказано, головним недоліком існуючих розвантажувальних пристроїв шахтних насосів є їх низька надійність і невеликий ресурс роботи, що обумовлено швидким зношуванням складових розвантажувального вузла. Найбільш вразливими елементами розвантажувального пристрою є розвантажувальні кільця. Необхідність частих замін і регулювання елементів розвантажувального вузла пов'язані з розбиранням і збиранням насоса безпосередньо в насосній камері. Такі дії потребують значних витрат непродуктивної ручної праці обслуговуючого персоналу, а швидке зношування деталей розвантажувального пристрою викликає необхідність їх постійного поповнення. Неполадки в роботі розвантажувального пристрою можуть бути причиною значних поломок насоса (руйнування робочих коліс і направляючих апаратів).

Аналіз попередніх досліджень. Статистична обробка даних, отриманих на різних шахтах свідчила, що час роботи насосів між двома замінами або регулюваннями розвантажувальних кілець складає 50 - 75 годин [1–5]. Для проведення статистики міжремонтних термінів розвантажувальних вузлів використовувались данні виписок з шахтних журналів ремонту насосів водовідливів, а також безпосередній нагляд. Вказаний недолік розвантажувального пристрою приводить до зниженню надійності і довговічності в цілому насосних агрегатів і до збільшення експлуатаційних втрат на водовідливах вугільних шахт.

Мета статті. Метою цієї роботи є визначення впливу різних режимів роботи насосних агрегатів (пуску, зупинки, роботи в усталеному режимі) на зношування дискового розвантажувального пристрою. Це дозволить підвищити надійність та енергоефективність роботи шахтних водовідливних установок, визначивши шляхи вдосконалення розвантажувальних вузлів.

Основний матеріал дослідження. Для вирішення вказаної мети була використана методика контролю розвантажувального пристрою, яка вказана в джерелі [6] і проведені експериментальні дослідження роботи

[7]. При проведенні експериментальних досліджень попередньо, на підставі отриманих напірних характеристик насосів, було встановлено, що кавітаційні явища під час роботи насосних агрегатів відсутні і відповідно не можуть бути причиною зношування елементів розвантажувального вузла.

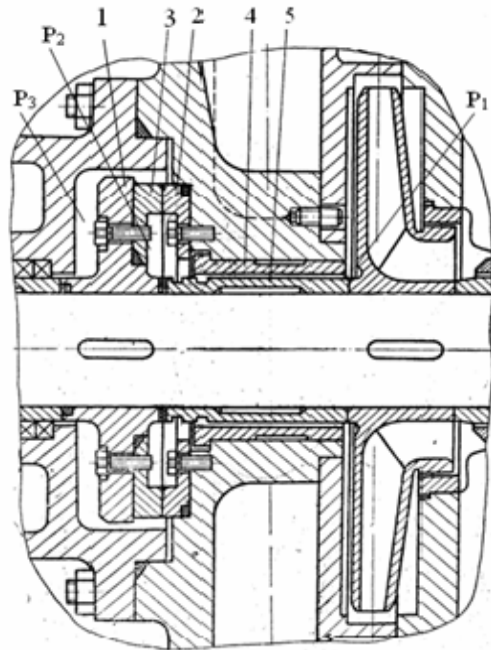


Рисунок 1 – Дисковий розвантажувальний пристрій шахтного насосу:

1 – розвантажувальний диск; 2 – нерухоме кільце розвантаження; 3 – рухоме кільце розвантаження; 4 – втулка розвантаження; 5 – дистанційна втулка.

При проведенні експериментальних досліджень здійснювався контроль за положенням валу насосного агрегату за допомогою спеціально підготовленого індикатора часового типу. Одночасно визначались витрати води через розвантажувальний пристрій об'ємним способом і тиск на виході насоса – зразковим манометром. Показання манометра і дані витрат води були необхідні для контролю режиму роботи розвантажувального пристрою. Якщо під час експерименту ці вимірювальні пристрої не змінювали свої показники, то це свідчило про сталість робочого режиму розвантажувального пристрою і як наслідок сталість ширини торцевого зазору між розвантажувальними кільцями. Тоді можливі зміщення ротора насоса в бік всмоктування, які фіксував індикатор часового типу, можна було пояснити зносом поверхні кілець розвантаження. Згідно цього методу була досліджена ступінь зносу розвантажувальних кілець на чотирьох насосах водовідливної установки.

При роботі насосів в усталеному режимі, спостереження за зміщенням роторів було зроблене протягом 3-4 годин на кожному насосному агрегаті. Після обробки даних було отримано, що зношення поверхні змінних кілець розвантаження відбувається зі швидкістю 0,05 – 0,15 мм за одну годину. Для визначення зношення кілець розвантаження під час пуску – зупинки насоса, спочатку фіксувалися показники вимірювальних приладів при усталеному режимі роботи насосного агрегату. Потім насос виключали і знову включали. Після запуску насосного агрегату переконувалися в тому, що робочий режим розвантажувального пристрою не змінився і робили порівняння показань індикатора положення валу до зупинки і після пуску насоса. Із зроблених замірів слідувало, що зупинка і запуск насоса до помітного зношування розвантажувального пристрою не приводить. Під час пуску насоса вал зміщувався в бік всмоктування, що могло викликати прискорене зношування кілець розвантаження. Але такі процеси продовжуються не довго, всього 2-3 секунди і до значного зношування розвантажувальних кілець привести не можуть.

Висновок. Таким чином, враховуючи, що на водовідливних установках пуски і зупинки насосів не часті, можна вважати, що переважно зношування розвантажувальних кілець відбувається при усталеній роботі насосного агрегату. Отриманий результат дозволяє уточнити напрямки подальших досліджень направлених на удосконалення дискових розвантажувальних пристроїв шахтних насосів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кондратенко В.Г., к.т.н., Шведченко С.С., Карабка О.Д. Удосконалений розвантажувальний пристрій шахтного відцентрового насоса. Сучасні аспекти механізації та автоматизації енергоємних виробництв. Збірник матеріалів II регіональної науково-практичної конференції, Красноармійський індустріальний інститут ДВНЗ ДонНТУ, 25 квітня 2013 р. – Донецьк: ТОВ «Цифрова типографія», 2013. – С.45-48.

2. Мельник О.О., Кондратенко В.Г. Вплив осьової сили на гідравлічні параметри запропонованого вдосконаленого розвантажувального пристрою // Дні науки-2017: Збірник матеріалів IX регіональної науково-практичної конференції, 16-17 травня 2017 р., Покровськ: Індустріальний інститут ДВНЗ ДонНТУ, 2017. - С.56-58.
3. Кобівник А.Р., Кондратенко В.Г. Вплив осьової сили на гідравлічні параметри запропонованого вдосконаленого розвантажувального пристрою. Сучасні аспекти механізації та автоматизації енергоємних виробництв. Збірник матеріалів III регіональної науково-практичної конференції, Красноармійський індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», 28 квітня 2015. – С.45 – 49.
4. Воронов А. Г., Кондратенко В. Г. - науковий керівник. Обґрунтування гідравлічних параметрів контролю та діагностики роботи шахтних відцентрових насосів. Кваліфікаційна робота магістра. Красноармійськ - 2012р.
5. Рагулін В. О., Кондратенко В. Г. - науковий керівник. Обґрунтування параметрів розвантажувального пристрою шахтних насосів ЦНС 180-85...425. Кваліфікаційна робота магістра. Красноармійськ - 2011р.
6. Кондратенко В.Г., Гайдук В.Д. Експлуатаційна технічна діагностика шахтних водовідливних установок // 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. – С. 88-93.
7. Кондратенко В.Г. Обоснование параметров разгрузочных устройств шахтных секционных насосов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Донецк – 1992г.

REFERENCES

1. Kondratenko V.G., Ph.D., Shvedchenko S.S., Karabka O.D. Advanced unloading device of the mine centrifugal pump. Modern aspects of mechanization and automation of energy-intensive industries. Proceedings of the II regional scientific-practical conference, Red Army Industrial Institute of DonNTU, April 25, 2013 - Donetsk: LLC "Digital Printing House", 2013. - P.45-48.
2. Melnik O.O., Kondratenko V.G. Influence of axial force on hydraulic parameters of the offered advanced unloading device // Days of Science-2017: Proceedings of the IX regional scientific-practical conference, May 16-17, 2017, Pokrovsk: Industrial Institute of SHEI DonNTU, 2017. - P.56-58.
3. Kobivnik A.R., Kondratenko V.G. The influence of axial force on the hydraulic parameters of the proposed advanced unloading device. Modern aspects of mechanization and automation of energy-intensive industries. Proceedings of the III regional scientific-practical conference, Red Army Industrial Institute of Donetsk National Technical University, April 28, 2015. - P.45 – 49.
4. Voronov A.G., Kondratenko V.G. Substantiation of hydraulic parameters of control and diagnostics of work of mine centrifugal pumps. Qualifying work of the master. Krasnoarmeysk – 2012.
5. Ragulin V.O., Kondratenko V.G. Substantiation of parameters of the unloading device of mine pumps CNS 180-85... 425. Qualifying work of the master. Krasnoarmeysk – 2011.
6. Kondratenko V.G., Gaiduk V.D. Operational technical diagnostics of mine drainage systems // Collection of scientific works based on the results of the all-Ukrainian scientific-practical conference "Modern aspects of mechanization and automation of energy-intensive industries", Industrial Institute of DonNTU, April 11-12, 2017. - P. 88-93.
7. Kondratenko V.G. Substantiation of parameters of unloading devices of mine sectional pumps. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Donetsk – 1992.

Надійшла до редколегії

15.12.2020

Рецензент: Нікіфоров А.П.

В.Г. КОНДРАТЕНКО, В.В. КАЛИНИЧЕНКО

Государственное высшее учебное заведение «Донецкий национальный технический университет»

Некоторые аспекты повышения энергоэффективности шахтных центробежных насосов. Опыт эксплуатации шахтных насосов свидетельствует о низкой надежности и недолговечность такого ответственного узла как разгрузочное устройство, что в свою очередь снижает надежность и энергоэффективность работы насосной установки. Для определения пути повышения энергоэффективности необходимо определить влияние режимов работы шахтного насоса на износ разгрузочного устройства. В статье изложены методы и средства контроля износа составляющих дискового разгрузочного устройства насосного агрегата. Отдельно приводится метод контроля износа при работе насоса в установившемся режиме, а также при пуске и остановке насоса.

Ключевые слова: *энергоэффективность, шахтная водоотливная установка, насос, разгрузочное устройство, режимы работы насосных агрегатов*

V. KONDRATENKO, V. KALYNYCHENKO

State Institution of Higher Education «Donetsk National Technical University»

Some aspects of improving the energy efficiency of a mine centrifugal pumps. Mine drainage systems, which are used at the main drainage of mining enterprises, have a drive capacity of up to 1600kW. To reduce non-productive energy losses, as well as for the continuous operation of the mining company, mine pumps must be energy efficient and reliable. Analysis of downtime of drainage systems shows that the weak point is the unloading device. This fact can lead not only to the failure of the pumping unit, but also to possible prolonged downtime of the mine. The main disadvantage of the existing disk unloading devices of mine pumps is their low reliability and low service life, due to the rapid wear of the components of the unloading unit. The most vulnerable elements of the unloading device are the unloading rings. The need for frequent replacement and adjustment of the elements of the discharge unit is associated with disassembly and assembly of the pump directly in the pump chamber. Such actions require significant costs of unproductive manual labor of service personnel, and rapid wear of parts of the unloading device necessitates their constant replenishment. Malfunctions in the unloading device can cause significant pump failures. To increase the reliability and energy efficiency of mine drainage systems, the method of control of the unloading device was used. During the experimental studies it was found that cavitation phenomena during the operation of pumping units are absent and, accordingly, can not be the cause of wear of the elements of the unloading unit. When the pumps are operating in steady state, the displacement of the rotors was monitored for 3-4 hours on each pump unit. After data processing, it was obtained that the wear of the surface of the unloading rings occurs at a rate of 0.05-0.15mm in one hour. To determine the wear of the rings of unloading during start-up - stop of the pump, at first the indicators of measuring devices at the established mode of operation of the pump unit were fixed. Then the pump was turned off and on again. After starting the pump unit, we made sure that the operating mode of the unloading device did not change and compared the readings of the shaft position indicator before stopping and after starting the pump. From the measurements made it followed that stopping and starting the pump does not lead to noticeable wear of the unloading device. Therefore, it can be assumed that mainly the wear of the discharge rings occurs during the steady operation of the pump unit.

Keywords: *energy efficiency, mine drainage system, pump, unloading device, operating modes of pumping units.*