

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 537.84

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.2.1/04>

Радіонов О. В.

Сумський національний аграрний університет

Ву Джимінг

Zhejiang Special Motor Co., Ltd

Тарельник Н. В.

Сумський національний аграрний університет

ЗАСТОСУВАННЯ МАГНІТОРІДИННИХ ГЕРМЕТИЗУЮЧИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Розглянуто умови роботи технологічного обладнання атомних електростанцій (АЕС), підприємств хімічної, нафтопереробної, гірничодобувної промисловостей. Обґрунтовано застосування магніторідинних герметизуючих комплексів для підвищення екологічної безпеки та надійності даних підприємств.

Метою даної роботи є підвищення надійності та довговічності технологічного обладнання, що експлуатується на атомних електростанціях (насоси, компресори, вентилятори, електродвигуни) шляхом розробки та впровадження нових технічних рішень із застосуванням магніторідинних герметизаторів (МРГ).

Магніторідинний герметизуючий комплекс дозволяє підвищити надійність герметизуючої системи шляхом паралельного з'єднання її елементів. Основним елементом комплексу служить магніторідинний герметизатор, який вирішує основне завдання – забезпечення повної герметичності. Спільно з ним працює одне або декілька допоміжних ущільнень, призначених для розвантаження основного від підвищеного перепаду тисків, зменшенню плями контакту магнітної рідини з ущільнюючим середовищем та ін.

Проаналізовано екологічні наслідки аварій та катастроф на атомних електростанціях. Показано, що ризик виникнення аварійних ситуацій на АЕС взаємопов'язаний із технічним станом технологічного обладнання. Методом системного аналізу проаналізовано вплив насосного обладнання на забезпечення надійності та ядерної безпеки. Для виконання підвищених вимог до експлуатаційної надійності та ресурсу насосного обладнання обґрунтовано необхідність проведення модернізації під час планових ремонтів для впровадження останніх науково-технічних досягнень. Доведено, що підвищення рівня екологічної безпеки корелюється із досягненням практично повної герметичності. Проведений аналіз показав, що з допомогою традиційних ущільнень цю проблему неможливо вирішити. Запропоновано створення магніторідинних герметизуючих комплексів (МРГК), до складу яких спільно з МРГ включаються допоміжні ущільнення, призначені для розвантаження основного. Проаналізовано конструкцію МРГК та досвід її експлуатації на шахті «Тернівська».

Ключові слова: насоси, атомні електростанції, герметичність, надійність, магніторідинний герметизуючий комплекс.

Постановка проблеми. Тяжкі аварії на АЕС відрізняються від звичайних промислових аварій глобальним радіаційним впливом, незрівнянною тривалістю наслідків та сильним психологічним стресом для суспільства.

Тому період експлуатації АЕС (найвідповідальніший період життєвого циклу будь-якої

станції) характеризується специфічними цілями та завданнями забезпечення безпеки, оскільки саме при експлуатації станції здійснюється ланцюгова реакція, у реакторі утворюються радіоактивні речовини, що є безпосереднім ризиком.

Цілями забезпечення безпеки при експлуатації є [1]:

- захист персоналу, населення та навколишнього середовища;
- зведення до мінімуму радіоактивних викидів;
- запобігання виникненню інцидентів та аварій.

Відповідно, із зазначених цілей впливають основні завдання щодо забезпечення безпеки під час експлуатації. З наведених у [1, 2] завдань виділимо ту, рішення якої присвячується дана стаття – запобігання аваріям та аварійним ситуаціям на АЕС шляхом створення умов, які забезпечують надійну роботу систем та обладнання.

Забезпечення безпеки АЕС щільно пов'язане з вирішенням основних виробничих та економічних завдань та ніяк не суперечить поточній роботі станції. Заходи, які вживають на АЕС щодо запобігання аваріям та відмовам спрямовані одночасно на підвищення коефіцієнта використання встановленої потужності та економічної ефективності станції.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Атомні електростанції є потенційно найбільш небезпечними через масштабність впливів на населення і навколишнє середовище у разі виникнення аварій з викидами радіоактивних речовин. Про це свідчать наслідки аварій на Чорнобильській станції та на станції Фукусіма. Серед відомих аварій на діючих АЕС – Три-Майл-Айленд, Чорнобильській та Фукусіма перша та третя були викликані аварійними ситуаціями у системах охолодження реакторів. Якщо на станції Три-Майл-Айленд персонал вчасно не зреагував на те, що засувки лінії аварійного постачання води зачинені, то на станції Фукусіма ситуація інша. Потрапляння води у електропривод насосів, який прокачує теплоносій крізь активну зону реакторів, призвело до їх перегріву й руйнуванню контурів з радіаційно-забрудненою водою та підпалюванням тепловиділяючих елементів. Таким чином, безпосередньою причиною аварій стала ненадійна робота насосних агрегатів.

Специфікою атомних електростанцій є те, що через їх підвищену небезпеку аварійне зниження потужності реакторів або повна зупинка здійснюються автоматично внаслідок припинення навіть відбору генерованої електроенергії через вихід з ладу підвищувальних трансформаторів, аварій на відкритих розподільчих пристроях, обриву дротів ліній електропередачі внаслідок природних явищ. При цьому у активній зоні реактору через їх велику масу та інерційність фізичних процесів виділяється залишкове тепло. Це потребує інтенсив-

ного охолодження упродовж значного часу. Тому доцільно розглянути можливості зниження ризиків аварійних ситуацій на атомних станціях, зокрема, за рахунок підвищення експлуатаційної надійності насосних та компресорних агрегатів [3].

Для України екологічна ситуація посилюється тим, що в умовах війни ймовірність пошкодження об'єктів критичної інфраструктури різко зросла, а фізичне та моральне старіння обладнання протягом останніх років значно випереджає темпи його заміни та оновлення [4]. В результаті знос основних засобів з вищевказаних галузей небезпечних виробництв характеризується не більше 50–90 % і відновлення парку діючого устаткування з економічних причин важко [5].

Насосне, компресорне та вентиляторне обладнання виконує технологічні функції, які безпосередньо пов'язані із забезпеченням ядерної та радіаційної безпеки: з одного боку, відмови деяких насосів можуть викликати великі аварії, а з іншого – насоси є найважливішими елементами систем безпеки.

Отже, під час створення насосного устаткування АЕС на першому плані висувуються вимоги надійності як у розрахункових, так і у перехідних режимах, включаючи аварійні. Ці вимоги у поєднанні з особливостями експлуатації, а також іншими вимогами, такими як радіоактивність першого контуру, виділяють насоси АЕС в самостійну галузь насособудування.

З точки зору надійності насоси відносяться до обладнання з активним принципом дії, тобто. до обладнання, яке складне за конструкцією та взаємопов'язане з іншими пристроями, від яких залежить його працездатність. Проблеми забезпечення надійності такого обладнання особливо складні та актуальні. І таке обладнання має враховувати можливість проведення модернізації під час планових ремонтів для впровадження останніх досягнень науки та техніки.

Необхідно відзначити, що за останні роки створено нові розробки та технології, які можуть дозволити істотно підвищити енерго-і матеріалоефективність промислових установок. При цьому вони не вимагають серйозних капітальних витрат при впровадженні та великих змін конструкцій. Ці зміни цілком можна провести при плановому ремонті устаткування, одночасно здійснивши і його модернізацію [6].

Така модернізація повинна забезпечити поліпшення споживчих властивостей агрегату або установки в жорстких рамках існуючої конструкції. Це повністю вписується в основну концепцію розви-

тку інфраструктури паливно-енергетичного комплексу, де пріоритетним є підвищення надійності, продуктивності і економічності обладнання при одночасному зниженні експлуатаційних витрат [7, 8].

Якщо в даний момент наднормативна зношеність основних фондів переважає у сумарній складовій всіх надзвичайних ситуацій, то, за прогнозом ряду експертів [9, 10] в довгостроковій перспективі стратегічні ризики в техногенній сфері можуть докорінно змінитися: на зміну техногенним ризикам придуть технологічні ризики, і основні збитки можуть виникати у зв'язку з неефективною, морально застарілою технологічною базою.

Позитивною рисою модернізації з впровадженням останніх технічних досягнень є автоматична їх апробація у важких експлуатаційних умовах, що в майбутньому дозволить закладати високоефективні наукомісткі технології в серійні зразки нової техніки.

Одним з можливих шляхів вирішення даної проблеми підвищення надійності та екологічної безпеки обладнання є застосування нового типу ущільнень – магніторідинних герметизаторів [11, 12].

Поєднання унікальних властивостей нанодисперсної магнітної рідини (МР) відкрило широкі перспективи для створення нових технічних пристроїв і технологій в різних галузях науки і техніки. У МРГ використовуються в першу чергу дві властивості МР: вона втягується в область неоднорідного магнітного поля; на немагнітне тіло, занурене в магнітну рідину, діє виштовхуюча сила, що має магнітне походження (магнітолевітаційний ефект) [13,14].

Постановка завдання. Тому, метою даної роботи є підвищення надійності та довговічності технологічного обладнання, що експлуатується на АЕС (насоси, компресори, вентилятори, електродвигуни) шляхом розробки та впровадження нових технічних рішень із застосуванням магніторідинних герметизаторів.

Виклад основного матеріалу. Статистичні дані свідчать, що для багатьох видів устаткування (електродвигуни, редуктори, насоси, компресори, вентилятори та ін.) напрацювання на відмову найчастіше визначається надійністю підшипникових вузлів.

Згідно літературних даних, до 90 % випадків аварійних руйнувань підшипникових вузлів викликано незадовільною роботою ущільнень [15, 16].

Потенційні можливості традиційних ущільнень (манжетних, сальникових, торцевих, лабиринтових та інших типів) значною мірою вичерпали себе, і забезпечити абсолютну герметичність вони не в змозі [17].

Основними перевагами МРГ перед традиційними ущільненнями є нульові витоки герметизуючого середовища, мінімальний знос внаслідок чисто рідинного тертя, низькі енергетичні втрати, висока ремонтпридатність, простота техобслуговування, працездатність в статичі і динаміці, самовідновлення у випадку аварійного прориву ущільнюваного середовища.

Основними недоліками МРГ є проблема сумісності МР та ущільнюваного середовища. Герметизатори чудово працюють при ущільненні газів, парів, аерозолів, дрібнодисперсних сипких середовищ, однак при ущільненні рідких середовищ можливе гідродинамічне перемішування ущільнюваного середовища та МР, що буде вести до порушення працездатності герметизатора. Ці проблеми виникають при досить високих оборотах обертання валу. Тому при ущільненні рідких середовищ або повітря, що містить велику кількість рідини (наприклад, рідкого мастильного масла при ущільненні підшипникових вузлів) необхідно вжити заходи, які мінімізують контакт ущільнюваного середовища з магнітною рідиною який знаходиться в зазорі між валом і концентраторами магнітного потоку на полюсних наконечниках МРГ.

Інші недоліки МРГ визначаються порівняно невеликою областю застосування цього типу ущільнень. Вони пов'язані з обмеженістю температурного діапазону і утримуваного перепаду тиску, що впливає з властивостей магнітних рідин і рідин взагалі [18].

Одним з можливих шляхів розширення області застосування МРГ є створення комбінованих ущільнень, які об'єднують переваги традиційних і магніторідинних систем герметизації. Основною метою має бути забезпечення повної герметичності. Тут доречно за аналогією з торцевими ущільненнями ввести поняття магніторідинного герметизуючого комплексу, під яким будемо розуміти комбіновану герметизуючу систему, до складу якої входить магніторідинний герметизатор і допоміжні пристрої, що оптимізують умови його роботи [19].

МРГК дозволяє підвищити надійність герметизуючої системи шляхом паралельного з'єднання її елементів. Основним елементом комплексу служить магніторідинний герметизатор, який

вирішує основне завдання – забезпечення повної герметичності. Спільно з ним працює одне або декілька допоміжних ущільнень, призначених для розвантаження основного від підвищеного перепаду тисків, зменшенню плями контакту магнітної рідини з ущільнюючим середовищем та ін. До допоміжних елементів комплексу також необхідно віднести групу пристроїв для забезпечення нормального функціонування основного ущільнення – дозаправка магнітною рідиною, системи охолодження та ін. У разі необхідності МРГК можуть бути оснащені системами аварійного захисту, приладами контролю та ін.

Розглянемо розробку та впровадження магніторідинного герметизуючого комплексу для вентилятора ВОД – 30М. Вентилятори цього широко застосовуються на металургійних і енергетичних об'єктах. Ми проаналізуємо використання герметизаторів під час експлуатації у складі осьового шахтного вентилятора головного провітрювання ВОД – 30М. Обґрунтувати такий вибір можна тим, що умови роботи у вугільній промисловості є найважчими [20].

Конструкція осьового шахтного вентилятора головного провітрювання ВОД – 30М показана на рис. 1.

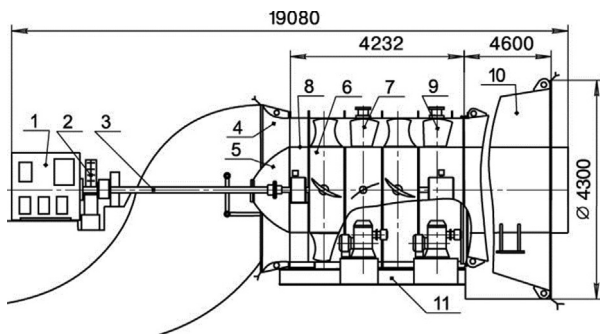


Рис. 1. Вентилятор ВОД-30М: 1 – електродвигун, 2 – гальмо, 3 – вал трансмісійний, 4 – колектор, 5 – кок, 6 – ротор, 7 – корпус з напрямним апаратом, 8 – блок опорний передній, 9 – блок опорний задній зі спрямляючим апаратом, 10 – дифузор, 11 – балка

Шахтні вентиляторні установки головного провітрювання при роботі на всмоктування переміщують шахтне повітря, що відрізняється від атмосферного наявністю в ньому різних газів, пари, кислот, значної кількості штибу, пилу, води.

Тому при експлуатації шахтних вентиляторів обов'язково відбуватиметься налипання пилу на поверхню лопаток, попадання вологи і пилу в пустотілі лопатки, що буде приводити до дисбалансу ротора, появи підвищеної вібрації підшипникових

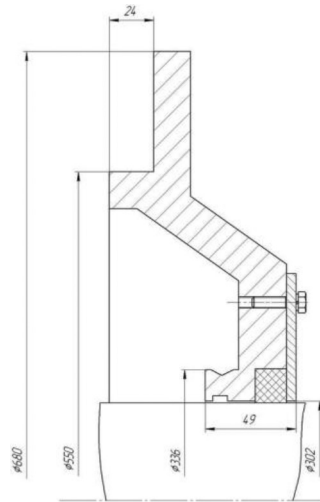


Рис. 2. Штатна кришка підшипникового вузла ВОД-30М з ущільненнями

вузлів і в результаті до необхідності зупинки вентилятора для очищення і обслуговування.

Підвищена вібрація і вигин вала з консольним навантаженням веде в свою чергу до необхідності збільшення зазорів в ущільнюючих пристроях підшипникових опор і, відповідно, до погіршення їх роботи. Крім того, конструктивно навіть нові великі підшипники гойдання матимуть значні радіальні зазори. Дійсно, для дворядних радіальних сферичних роликпідшипників з діаметром отвору 200...225 мм (3 група), що використовуються в зазначених типах вентиляторів, величина зазору складає 0,22...0,29 мм, що вносить додатковий негативний внесок в роботу ущільнюючих пристроїв.

Рекомендовані граничне биття вала і неспіввісність посадкового місця щодо осі вала для армованих манжет, що використовуються в зазначених вище вентиляторах, становлять відповідно 0,15 і 0,20 мм, що вже нижче реально існуючих.

Для підшипникових вузлів осьових вентиляторів додатковим чинником, який негативно впливає на роботу ущільнень підшипникових опор, є наявність великої кількості твердих частинок в перекачувальному повітрі. Інтенсивно потрапляючи під край ущільнення частинки викликають знос поверхні вала і зменшення герметичної здатності ущільнення, що виражається як у збільшенні протікання масла, так і в попаданні твердих частинок в мастило і в підшипники, що може привести до самих негативних наслідків [21].

Враховуючи дані фактори, доводиться констатувати, що ущільнення, які використовують в підшипникових опорах згаданих вентиляторів, працюють недостатньо ефективно.

Неефективна робота ущільнень підшипникових вузлів вентиляторів приводить як до зни-

ження надійності всієї вентиляторної установки, так і збільшення експлуатаційних витрат.

Конструкція МРГК показана на рис. 3, 4.

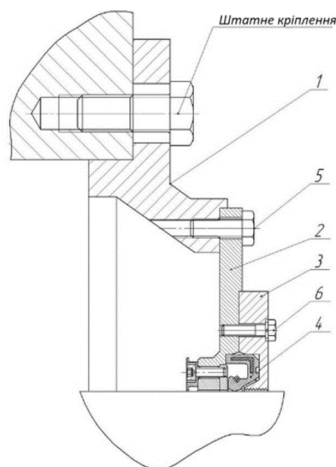


Рис. 3. МРГК підшипникового вузла: 1 – корпус великий, 2 – МРГ, 3 – кришка передня («чобіток»), 4 – манжета 300 × 340, 5 – болт М10, 6 – болт М6

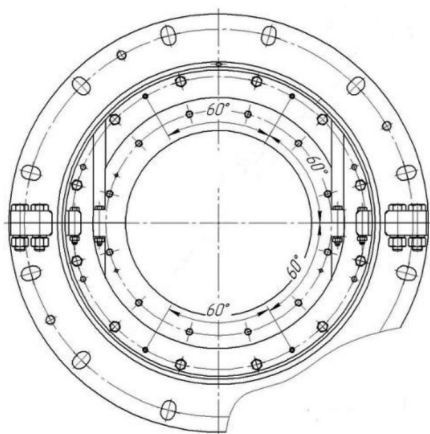


Рис. 4. МРГК підшипникового вузла, вид спереду

Як і кришка підшипникового вузла вентилятора, герметизатор виконаний роз'ємним.

Герметизуючий комплекс складається з трьох частин – корпусу великого 1, повторює зовнішню частину штатної кришки підшипникового вузла і що кріпиться за допомогою штатних болтів, власне МРГ 2, що встановлюється на торці корпусу великого, і кришки передньої («чобітка») 3. У порожнині між ними розміщується манжета 4 – гумометалева армована манжета 300 × 340, що виконує функції попередньої щаблі ущільнення. МРГ 2 закріплюється на торцевій поверхні корпусу великого 1 болтами 5.

Магніторідинний герметизатор (МРГ) складається з корпусу з фланцем і магнітної системи. Магнітна система складається з магнітів Nd–

Fe–В, розташованих між корпусом МРГ і кільцевим полюсним наконечником, самого полюсного наконечника і двох немагнітних кілець, що прикривають магніти з торців. На зовнішньому немагнітному кільці виконані маслозброшувальні канавки. На торцевій поверхні фланця МРГ виконана проточка для кришки передньої поз. 3.

У даному МРГ функцію другого полюсного наконечника герметизатора виконує кришка передня («чобіток») 3, що вставляється в проточку на торцевій поверхні фланця МРГ і притискається до нього болтами 6 М6. На зверненої до поверхні валу поверхні кришки передньої («чобітка») 3 нарізані концентратори магнітного потоку – кільцеві зубці з канавками між ними. На зовнішній циліндричній поверхні фланця МРГ 2 є отвір для заправки магнітної рідини, який заглушається гвинтом М5.

Дослідна експлуатація МРГК була успішно проведена на двох вентиляторах шахти «Тернівська» (м. Павлоград) [22]. У перший рік експлуатації обслуговуючий персонал шахти щозмінно проводив контроль за роботою МРГК. Дані заносилися до спеціального журналу. За 5 років експлуатації викидів олії не спостерігалось. Магнітна рідина дозаправлялася з періодичністю один раз на пів року. Термін експлуатації в кілька разів перевищив термін ущільнень, що раніше застосовувалися.

Висновки. Проаналізовано екологічні наслідки аварій та катастроф на атомних електростанціях.

Показано, що ризик виникнення аварійних ситуацій на АЕС взаємопов'язаний із технічним станом технологічного обладнання.

Методом системного аналізу проаналізовано вплив насосного обладнання на забезпечення надійності та ядерної безпеки.

Для виконання підвищених вимог до експлуатаційної надійності та ресурсу насосного обладнання обґрунтовано необхідність проведення модернізації під час планових ремонтів для впровадження останніх науково-технічних досягнень.

Доведено, що підвищення рівня екологічної безпеки корелюється із досягненням практично повної герметичності. Проведений аналіз показав, що з допомогою традиційних ущільнень цю проблему неможливо вирішити.

Запропоновано створення магніторідинних герметизуючих комплексів, до складу яких спільно з МЖГ включаються допоміжні ущільнення, призначені для розвантаження основного.

Проаналізовано конструкцію МРГК та досвід її експлуатації на шахті «Тернівська».

Список літератури:

1. Основні засади безпеки атомних електростанцій. 75 – INSAG – 3. Rev.1. INSAG – 12: Доповідь Міжнародної консультативної групи з ядерної безпеки. МАГАТЕ. Відень, 2015. 142 с. URL: <https://surl.li/ttsspk>
2. Культура безпеки. 75 – INSAG – 4: Доповідь Міжнародної консультативної групи з ядерної безпеки. МАГАТЕ. Відень, 1991. 51с. URL: <https://nuclear-journal.com/index.php/journal/article/view/831>
3. Носовський А. В., Васильченко В. М., Ключніков А. А., Пристер Б. С. Аварія на Чорнобильській АЕС: Досвід подолання. Здобуті уроки: монографія. Київ : Техніка, 2006. 264 с.
4. Кузнєцова Т. О., Варавіна Є. П. Екологічна безпека у нафтогазовій галузі. Харків : НТУ «ХПІ», 2015. 77 с.
5. Левченко Л. О., Радіонов О. В. Модернізація електротехнічного обладнання як шлях зниження ризиків аварійних ситуацій на атомних електростанціях. *Екологічна безпека та природокористування*. 2023. № 1(45). С. 29–43.
6. Грядущий Б. А., Коваль А. М., Зданевич В. Е. Забезпечення безпеки машин і устаткування стаціонарних установок шахт, що довгостроково експлуатуються. *Вісті Академії інженерних наук України*. 2004. № 2(22). С. 21–27.
7. Биченок М. М., Трофімчук О. М. Проблеми природно-техногенної безпеки в Україні. Київ : УІНСіР, 2002. 268 с.
8. Радіонов О. В. Оцінка техногенного ризику обладнання небезпечних виробництв системним багаторівневим аналізом. *Збірник наукових праць НУК*. 2015. № 4, С. 82–91.
9. Бетін А. В., Бондарєва Н. В., Клименко Т. С. *Теорія та конструкція систем екологічної безпеки*. Харків : Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2006. 144 с.
10. Панкратова І. Д. Системний аналіз у динаміці діагностування складних технічних систем. *Системні дослідження та інформаційні технології*. 2008. № 1. С. 33–49.
11. Berkovsky B., and Bashtoboi V. (Eds). *Magnetic fluids and applications*, New York : Begell House, 1996. 831 p.
12. Радіонов О. В. Досвід експлуатації магніторідинних герметизаторів на нафтопереробних заводах країн СНД. *Хімічна техніка*. 2015. № 10. С. 11–17.
13. Rosensweig R. E. *Ferrohydrodynamics*. Cambridge University Press, 1985, 344 p.
14. Radionov O., Podoltsev A., and Zahorulko A. Finite – Element Analysis of Magnetic Field and the Flow of Magnetic Fluid in the Core of Magnetic – Fluid Seal for Rotational Shaft. *Procedia Engineering*. 2012. № 39. pp. 327–338.
15. Хасселфелд Р. Правильний вибір захисних ущільнень підшипників. *Хімічна техніка*. 2017. № 9. С. 16–17.
16. Тарельник В. Б., Марцинковський В. С. Модернізація та ремонт роторних машин. Суми : Козацький вал. 2005. 364 с.
17. Марцинковський В. А., Радіонов О. В., Тарельник В. Б. Екологічні аспекти систем герметизації. *Компресорне та енергетичне машинобудування*. 2019. № 2(56). С. 8–12.
18. Марцинковський В. А., Тарельник В. Б., Антошевський Б. та ін., Екологічна безпека експлуатації компресорного та насосного обладнання: монографія. Суми : Сумський державний університет. 2014. 282 с.
19. Радіонов О. В., Подільцев А. Д. Магніторідинні герметизатори як підвищення екологічної безпеки технологічного устаткування ГЕС. *Гідроенергетика України*. 2014. № 2–3. С. 58–62.
20. Radionov A. Magnetic fluid sealing complexes for bearing assemblies of mine main ventilation fans. *Magnetohydrodynamics*. 2018. № 54(1–2). P. 109–114.
21. Хабазня О. С., Радіонов О. В., Виноградов О. М., Казакуца О. В. Особливості проектування магніторідинних герметизаторів шахтного обладнання». *Вугілля України*. 2010. № 12(648). С. 29–33.
22. Radionov O., Podoltsev A., and Peczkis G. The specific features of high-velocity magnetic fluid sealing complexes. *Open Engineering*. 2018. № 8(1). P. 539–544.

Radionov O.V., Wu Jiming, Tarelnik N.V. APPLICATION OF MAGNETOFLUID SEALING COMPLEXES TO IMPROVE RELIABILITY AND ENVIRONMENTAL SAFETY OF NUCLEAR POWER PLANTS

The operating conditions of the technological equipment for nuclear power plants (NPPs), enterprises for chemical, oil refining, and mining industries have been considered. The application of magnetofluid sealing complexes to improve environmental safety and reliability of these enterprises has been substantiated.

The purpose of this work is to increase the reliability and durability of the technological equipment operated at nuclear power plants (pumps, compressors, fans, electric motors) by developing and implementing new technical solutions using magnetofluid seals (MFS).

The magnetofluid sealing complex make it possible to increase the reliability of the sealing system by connecting its elements in parallel. The main element of the complex is a magnetofluid sealer, which solves the main problem, namely, provides for a complete tightness. Together with it, there operate auxiliary sealers designed to relieve the main one from increased pressure drop, reduce the contact spot of the magnetofluid with a sealing medium, etc.

The environmental consequences of the accidents and disasters at nuclear power plants have been analyzed. It has been shown that the risk of emergencies at nuclear power plants is interconnected with the technical condition of the technological equipment. The pumping equipment impacts on ensuring the reliability and nuclear safety have been analyzed using the method of system analysis. To meet the increased requirements for operational reliability and service life of pumping equipment, the need for modernization during scheduled repairs to implement the latest scientific and technical achievements has been substantiated. It is has been proven that increasing the level of environmental safety correlates with achieving almost complete tightness. The analysis has shown that this problem cannot be solved using traditional seals. There has been proposed the creation of the magnetofluid sealing complexes (MFCs), which together with the MFC include the auxiliary sealers designed to relieve the main one. The design of the MFC and the experience of its operation at the Ternivska mine have been analyzed.

Key words: pumps, nuclear power plants, tightness, reliability, magnetofluid sealing complex.