

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИКИ

Матеріали XVIII Міжнародної
науково-практичної конференції
молодих вчених і студентів
2020 року

ТОМ 1



Київ- 2020

УДК 620.9(062)+621.311(062)

С91

Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів 2020 року. У 2 т. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – Т. 1. – 224 с.

ISBN 978-966-622-997-0

ISBN 978-966-622-998-7 (Т.1)

Подано тези доповідей XVIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» за напрямками: атомна енергетика, ядерна захищеність та нерозповсюдження, теплообмін і гідродинаміка в теплопередаючих і енергетичних пристроях, теплогидравлічні процеси в тепло- і парогенеруючих установках, сучасні технології в тепловій енергетиці, проблеми теоретичної і промислової теплотехніки.

Головний редактор

Є.М. Письменний, д-р техн. наук, проф.

Заступник головного редактора

Ю.Є. Ніколаєнко, д-р техн. наук, с.н.с.

Редакційна колегія:

О.Ю. Черноусенко, д-р техн. наук, проф.,

Г.Б. Варламов, д-р техн. наук, проф.,

О.В. Коваль, канд. техн. наук, доц.,

В.О. Туз, д-р техн. наук, проф.,

В.А. Волощук, д-р техн. наук, проф.,

П.О. Барабаш, канд. техн. наук, доц.,

П.П. Меренгер, ст. викладач,

П.В. Новіков, асистент,

С.Г. Карпенко, канд. фіз.-мат. наук, доц.,

І.А. Остапенко, асистент,

Д.О. Федоров, асистент,

Т.Б. Бібік, канд. техн. наук, ст. викладач

М.В. Воробйов, канд. техн. наук, ст. викладач,

О.С. Алексеїк, асистент.

Відповідальний секретар

О.В. Авдєєва.

*Друкується в авторській редакції за рішенням Вченої ради теплоенергетичного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
(протокол № 9 від 29 квітня 2020 р.)*

ISBN 978-966-622-997-0

ISBN 978-966-622-998-7 (Т.1)

© Автори тез доповідей, 2020

© КПІ ім. Ігоря Сікорського (ТЕФ), 2020

СЕКЦІЯ №1

Атомна енергетика

Аспірант Белих Д.О.
Проф., д.т.н. Кравець В.Ю.

ОЦІНКА АКТИВНОСТІ PU-239 ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ БЕТОНУ ШАХТИ РЕАКТОРУ ТИПУ ВВЕР-1000

Зняття з експлуатації (ЗЕ) блоку АЕС довготривалий, радіаційно небезпечний процес, який починається від припинення експлуатації до демонтажу його конструкцій [1]. Радіаційна небезпека при ЗЕ обумовлена частково наведеною радіоактивністю за рахунок активації нейтронами конструкційних і захисних матеріалів, частин обладнання і систем, частково забрудненням їх радіонуклідами в процесі експлуатації. Описані процеси визначають обсяги радіоактивних відходів на стадії ЗЕ енергоблоку тому як науковий, так і практичний інтерес представляє вивчення просторового розподілу продуктів активації матеріалів, обладнання та конструкцій енергоблоку. Дуже важливою характеристикою нукліду (продукт активації чи забруднення) є період напіврозпаду, який визначає термін в межах якого продукт активації чи забруднення треба зберігати. Також важливий тип розпаду нукліду, дуже небезпечні альфа випромінювачі для яких «рівень вилучення» (регламентований [2]) порівняно низький і складає 0,1 кБк/кг. Одним з таких нуклідів є Pu-239 з періодом напіврозпаду 24110 років. Основним каналом напрацювання Pu-239 є U-238 (n,g) U-239, а далі радіоактивні перетворення U-239→Np-239→Pu-239.

Дана робота присвячена оцінці активності поверхневого шару бетону шахти ВВЕР-1000 за Pu-239. Відповідно до [3] базальтові породи, гранітні породи Землі відповідно містять 0,6 і 4,8 млн⁻¹ природньої суміші ізотопів U (U), похідні від цих порід входять до складу бетону.

Вхідними умовами цієї задачі були склад бетону, його густина, нейтронні потоки, ядерні данні (перерізи взаємодії, періоди напіврозпаду), час опромінення. Розрахунок було проведено за допомогою Mathcad 14 для поверхневого шару бетону в час зупинки реактору після 50 років роботи. За результатами розрахунку питома активність бетону складає 5,6 кБк/кг, що більше 0,1 кБк/кг («рівень вилучення» [2]). Слід відмітити, що концентрація U-238 (консервативно концентрація U-238 обиралася рівною U) яка була обрана 0,6 млн⁻¹ з міркувань отримання мінімальної питомої активності бетону, однак реальні концентрації U бетону конкретної АЕС можуть відрізнятись. Проблеми напрацювання Pu-239 розглянуті в [4], [5] в [1] не розглянуто.

Отже до початку ЗЕ конкретного енергоблоку необхідно дізнатися елементний склад матеріалів реакторної установки і будівельних конструкцій для більш точного визначення об'ємів радіоактивних відходів. Для цього необхідно відібрати зразки цих матеріалів для подальшого визначення концентрацій активаційно-небезпечних елементів.

Перелік посилань:

1. Концепція зняття з експлуатації діючих атомних електростанцій, затверджено наказом Міненерговугілля України №798 від 10.12.2015 р. (версія чинна з 01.01.2016 р.).
2. ДСП 6.177-2005-09-02 Державні санітарні правила «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України».
3. Taylor, S.R., 1964. Abundance of Chemical Elements in the Continental Crust; A New Table. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 28(8), 1273-1285.
4. Evans, J.C., Lepel, E.L., Sanders, R.W., Wilkerson, C.L., Silker, W., Thomas, C.W., Abel, K.H., & Robertson, D.R.. Long-lived activation products in reactor materials. United States. doi:10.2172/6776358., Part 2, Rev. 6.
5. Банк данных по активационным характеристикам бетонов радиационной защиты ядерных установок / Б. К. Билкін, І. А. Єнговатов, О. М. Кожевніков, Д. К. Синюшин. // Вестник МГСУ. – 2018. – №113. – С. 213–221.

Магістрант 6 курсу, гр. ТЯ-81мн Басюк Р.В.
Ст. викл., к.т.н. Бібік Т.В.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПАЛИВНИХ ЗАВАНТАЖЕНЬ В РЕАКТОРАХ ТИПУ ВВЕР-1000

Шляхами підвищення ефективності паливних завантажень на АЕС є підвищення середньої глибини вигорання палива, що вивантажується, і поступове її наближення до максимально припустимого значення [1].

Стратегія використання палива в реакторі ВВЕР-1000 передбачає [2]:

- можливість продовження кампанії за рахунок роботи на потужністних ефектів реактивності;
- роботу активної зони в паливному циклі з використанням частини тепловиділяючих збірок на четвертий рік експлуатації [3];
- роботу активної зони з чотирирічним паливним циклом з щорічним підживленням ТВЗ-А;
- використання паливних циклів з пониженим виотоком нейтронів.

Розрахунок паливних завантажень - один з найважливіших етапів в організації режимів паливо використання на АЕС, які виконуються із застосуванням розрахункових програм (кодів) переважно персоналом станцій. Правильне і своєчасне проведення розрахунку паливного завантаження для конкретних енергоблоків АЕС в більшій мірі визначає економічні показники роботи АЕС в поточному році, а також рівень ядерної безпеки при подальшій експлуатації енергоблоку.

Завдання про визначення концентрації трансуранових ізотопів у ядерному паливі виникає на різних етапах паливного циклу. Як приклад можна привести визначення вартості переробки ядерного палива й здійснення повторної його експлуатації на АЕС після зберігання в БВ. Важливим аспектом дослідження ізотопного складу ЯП є також прогнозування екологічного збитку у випадку важкої ядерної аварії. Все це призвело до того, що в цей час визначення ізотопного складу ЯП по трансурановим ізотопам передбачено Державною системою обліку й контролю ядерних матеріалів України.

Експериментальні дослідження ізотопного складу ЯП дуже коштовні, проводяться епізодично й мають своєю основною метою дати матеріал для тестування й верифікації розрахункових алгоритмів і програм.

Аж до теперішнього часу результати експериментальних досліджень ізотопного складу ядерного палива ВВЕР-1000 не були опубліковані й інформації про припущення проведення таких робіт немає. З огляду на викладене вище, значний інтерес представляє розрахункове визначення ізотопного складу ЯП ВВЕР-1000.

Для розрахунку зміни ізотопного складу та Кеф використовувалась наступна модель ТВЗ-А яка містить 306 ТВЕЛів з умовною масовою долею U^{235} 4,4%, а також 6 ТВЕГів, з умовною масовою долею U^{235} 3,3% і масовою долею оксиду гадолінія – 5%.

Перелік посилань:

1. Неделин О.В., Коренной А.А., Коньшин В.И. Повышение эффективности использования топлива на АЭС с реакторами ВВЭР-1000 // Энергетика: экономика, технология, экология. – 2001. – № 1. – С. 38-41.
2. Зверков В.В. Эксплуатация ядерного топлива на АЭС с ВВЭР Москва 1989р, 29 с.
3. Отчет. Обобщение опыта эксплуатации ТВС трехгодичной кампании в течении четырех топливных циклов на различных блоках АЭС Украины. 320.06.07-229-ЗП11, ОКБ «Гидропресс», 1996г.

Магістрант 6 курсу, гр. ТЯ-81мн Гавлічук Д.В.
Ст. викл., к.т.н. Філатов В.І.

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ БАЗИ ДАНИХ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЕМОНТАЖА ОБЛАДНАННЯ АЕС

В Україні працює п'ятнадцять атомних енергоблоків із реакторами типу ВВЕР. Всі вони запроектовані, і більша частина – збудована, за радянських часів. До 2020 року проектний термін роботи закінчиться для 12 з 15 атомних енергоблоків АЕС України. Не зважаючи на те, що протягом 2011-2018 рр. ряд блоків отримали ліцензії на продовження роботи протягом додаткових 10-20 років, зрештою їх усі доведеться знімати з експлуатації.

Зняття з експлуатації це тривалий етап життєвого циклу АЕС [1]. Для того щоб успішно завершити цей етап потрібний значний обсяг різноманітних вихідних даних. Вони можуть і повинні бути визначені та систематизовані в інформаційній базі даних.

Дане дослідження ставить за мету розробку інформаційної бази даних, з метою деталізації складу робіт по демонтажу обладнання АЕС. Склад робіт, який буде у подальшому деталізований, включає в себе наступне [2]:

- проведення дезактивації обладнання що підлягає демонтажу;
- демонтаж та видалення всіх незабруднених систем та елементів;
- демонтаж і видалення всіх систем і елементів, що підлягають контролю як джерела іонізуючого випромінювання
- збір, кондиціонування, збереження та передача на захоронення всіх РАВ, які утворились при виконанні робіт.

Перелік посилань:

1. Отчет по анализу безопасности: Ривненская АЭС, энергоблок № 1. Глава 6. Снятие с эксплуатации: 381710.203.001.ОБ.16. – ОАО «Киевский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт «Энергопроект», 2017.

2. СТП 0.08.033-2005 Зняття АЕС з експлуатації. Система інформаційного забезпечення. Склад, порядок збору, обробки та зберігання інформації.

Магістрант 6 курсу, гр. ТЯ-81мн Даниленко В.С.
Проф., д.т.н. Кравець В.Ю.

ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТА ДІАГРАМА ДЕФОРМУВАННЯ НОВОЇ І ТИПОВОЇ СТАЛЕЙ КОРПУСІВ РЕАКТОРІВ ТИПУ ВВЕР

Оскільки в Україні саме атомні електричні станції (АЕС) забезпечують країну основною частиною електроенергії то питання їх розвитку, вдосконалення та модернізації є завжди актуальними. Пружно-пластичний розрахунок і побудова діаграми деформування є важливим видом робіт серед питань модернізації корпусів реакторів (а більш конкретно, при розгляді питань можливості виготовлення корпусів реакторів зі збільшеним ресурсом експлуатації та питань вибору матеріалів, які є необхідними для виготовлення корпусів), оскільки результати таких розрахунків також враховуються експертами при формулюванні висновків-прогнозів гіпотетичного використання для виготовлення корпусів реакторів і подальшої експлуатації нових матеріалів. Загальний опис діаграми деформування наведено в [1-3], вихідні дані для розрахунку - в [4-7], методику пружно-пластичного розрахунку представлено в [8]. На основі вищенаведеного було отримано результати розрахунку за вказаною методикою і побудовано діаграми деформування для нової перспективної сталі 15X2МФА-А мод. А і типової сталі 15X2НМФА, яка використовується в енергомашинобудуванні. Порівняльний аналіз отриманих результатів розрахунку та кривих діаграми деформування підтверджує наявність кращих показників і переваг нової сталі у порівнянні з типовою сталлю, що у свою чергу доводить актуальність розгляду нової сталі в якості кандидатного матеріалу для корпусів реакторів типу ВВЕР як типових проектів так і нового покоління.

Перелік посилань:

1. ДСТУ 2825-94 Розрахунки та випробування на міцність. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 1996-01-01]. Вид. офіц. Київ, 1994.
2. ДСТУ EN 10002-1:2006 Металеві матеріали. Випробування на розтяг. Частина 1. Метод випробування при кімнатній температурі (EN 10002-1:2001, IDT). [Чинний від 2008-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2006.
3. Шваб'юк В.І. Опір матеріалів: навч. посіб. для студентів ВНЗ. Рекомендовано МОН. Київ, 2009. 380 с.
4. Крикун Е.В. Механизмы радиационного охрупчивания стали 15X2НМФА класс 1 корпуса реактора ВВЭР-1000 под действием облучения в диапазоне температур (50-400)°С: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.03 / Курчатовский ядерно-технологический комплекс Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт». Москва, 2017. 118 с.
5. Сплавы с заданными температурными коэффициентами теплового расширения [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://azbukametalla.ru/marochnik/pretsizionnye-splavy/splavy-s-zadannymi-temperaturnymi-koeffitsientami-teplovogo-rasshireniya/splavy-s-zadannymi-temperaturnymi-koeffitsientami-teplovogo-rasshireniya>
6. Лаборатория крупного слитка. Внепечная обработка и разливка стали, технологии и агрегаты [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://steelcast.ru/steel_for_atomic_reactors
7. Модуль нормальной упругости (Модуль Юнга). Справочные таблицы [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://azbukametalla.ru/spravochnik/293-modul-normalnoj-uprugosti.html>
8. ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Москва: Энергоатомиздат, 1989.524 с.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-81мн Зацаринний Р.В.
Доц., к.т.н. Коньшин В.І.

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МОСТОВОГО КРАНУ КРУГОВОЇ ДІЇ В/П 320/160/2X70 Т ЕНЕРГБЛОКУ №1 ВП ХАЕС З МЕТОЮ ПРОДОВЖЕННЯ СТРОКУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Продовження проектних термінів експлуатації діючих енергоблоків АЕС України на даний час є одним з найважливіших завдань атомної енергетики. В зв'язку з закінченням проектного терміну експлуатації енергоблоку №1 ВП ХАЕС, згідно вимог [1] необхідно виконати комплекс робіт по продовженню строку експлуатації всього обладнання важливого для безпеки АЕС, до якого належить мостовий кран кругової дії (ККД) в/п 320/160/2x70 т. Огляд літератури показує, що єдиний підхід до визначення залишкового ресурсу мостових кранів кругової дії (ККД) відсутній.

Оцінка технічного стану мостового ККД передбачає аналіз наявної документації, а також виконання необхідних перевірочних розрахунків на міцність, а саме: статична і циклічна міцність, вантажна і власна стійкість, статична і динамічна жорсткість. Для виконання розрахунків міцності був обраний підхід створення кінцево-елементної моделі несучих металоконструкцій і елементів крану з використанням інструментів САПР. Розрахунок конструкції кранів мостового типу проводиться згідно [2], [3] за методом граничних станів. При розрахунках на міцність встановлюються 3 типи граничних станів: I – порушення міцності або стійкості елементів при дії максимальних навантажень; II – порушення нормальної експлуатації конструкції за рахунок появи втомних тріщин; III – виникнення деформацій, що перешкоджають нормальній експлуатації крана.

В рамках роботи була створена розрахункова 3D модель мостового ККД в/п 320/160/2x70 т енергоблоку №1 ВП ХАЕС за допомогою модуля автоматизованого проектування механічних конструкцій і устаткування в машинобудуванні і будівництві АРМ WinMachine, яка складається з мосту, головного і допоміжного візків, надкранового порталу, механізму пересування крану та вантажопідйомного обладнання (барабани візків і стійки встановлення), що моделювалися стрижневими і пластинчатими елементами. Визначені граничні умови, які описують метод врахування ваги обладнання і елементів крана; моделювання механізмів пересування і гальмування, опори візків на рейках головних балок; впливу вантажу і руху його руху; а також визначені розрахункові комбінації навантажень, серед яких розглядається сім основних критичних положень головного і допоміжного візків і вантажу.

Результати розрахунків на статичну і сейсмічну міцність в розрахункових положеннях крана показали, що величини еквівалентних напружень не перевищують допустимі напруження матеріалів і, відповідно, необхідна міцність забезпечується. Розрахунки на вантажну стійкість показали, що конструкції стійкі до перекидання і зсування, а при заданих навантаженнях загальна втрата стійкості не виникає. Циклічна міцність крана з врахуванням продовження строку служби на 10 років включно забезпечена. Статична і динамічна жорсткість головних балок забезпечується, отримані переміщення і часу затухання коливань конструкцій не перевищують допустимі, значення.

Перелік посилань:

1. НП 306.2.141-2008 Загальні положення безпеки атомних станцій.
2. ОСТ 24.090.72-83 Нормы расчета стальных конструкций мостовых и козловых кранов.
3. РТМ 24.190.07-85 Нормы расчета конструкций мостовых кранов грузоподъемностью свыше 50 т.

Магістрант 6 курсу, гр. ТЯ-81мн Квітка В.А.
Ст. викл., к.ф.-м.н. Бібік Т.В.

ОЦІНКА ЗАХОДІВ ПО ПІДВИЩЕННЮ БЕЗПЕКИ ЕНЕРГОБЛОКУ №5 ВП ЗАЕС В УМОВАХ ПРОДОВЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Імовірнісні методи аналізу є найбільш точними в оцінці рівня безпеки, так як дають кількісну оцінку ефективності бар'єрів глибоко ешелонованої захисту, підтримки їх стану, а також ризику безпосередньо для населення, персоналу та навколишнього середовища від впливу АЕС при виникненні різних аварій. Відповідно, імовірнісний аналіз безпеки є досить ефективним інструментом для здійснення підтримки при прийнятті рішень про найбільш вигідному використанні матеріально-технічних ресурсів з точки зору безпеки АЕС. Істотною перевагою є те, що тільки ВАБ послідовно враховує всі міжсистемні/міжелементні залежності. Значення таких залежностей може бути проігноровано або недооцінене при прийнятті рішень на підставі лише детерміністичних аналізів.

Важливим завданням в період продовження експлуатації енергоблоку є оцінка заходів по підвищенню безпеки та їхнє ранжування з метою визначення їх пріоритетності на основі показників впливу на безпеку.

Для виконання даного завдання необхідно розробити методологію проведення такого аналізу. Методологія застосування імовірнісних методів аналізу для оцінки і ранжування заходів щодо підвищення безпеки може бути представлена у вигляді структурної схеми, що має вигляд запитань з відповіддю «так» або «ні».

В роботі проведено аналізу заходів зведеної програми підвищення безпеки [1]. В межах аналізу виконуються наступні кроки:

- розробка імовірнісних моделей, що моделюють вплив заходів на перебіг аварійних процесів і на надійність виконання функцій безпеки. В якості основи використовуються модель ІАБ енергоблоку №5 ЗАЕС;
- кількісна оцінка впливу заходів на показники безпеки (частота пошкодження активної зони, частота граничного аварійного викиду, частота пошкодження палива в басейні витримки);
- формування ранжованого переліку заходів за результатами кількісної та/або якісної оцінки.

Результат виконання кількісної та якісної оцінки впливу заходів на рівень безпеки енергоблоку №5 показав, що заходи можуть бути розподілені за такими групами [2]:

- категорія 0 незначний вплив на безпеку – 11 заходів;
- категорія I: малий вплив на безпеку – 5 заходів;
- категорія II: середній вплив (значимість) на безпеку – 1 захід;
- категорія III: високий вплив (значимість) на безпеку – 1 захід;
- категорія IV: дуже високий вплив (значимість) на безпеку – 0 заходів.

Для 31 заходу не виконувалася ні якісна ні кількісна оцінка, так як заходи або є аналітичними дослідженнями і не можуть бути оцінені якісно чи кількісно за допомогою методів ІАБ, або є врахованим в моделі енергоблоку №5, або не впливають на технічні елементи ІАБ.

Перелік посилань:

1. НАЭК Энергоатом. Сводная программа повышения безопасности энергоблоков АЭС Украины. Киев, 2010.
2. International Atomic Energy Agency. “Safety Issues And Their Ranking For WWER- 1000 Model 320 Nuclear Power Plants”, IAEA-EBP-WWER-05. Vienna, 1996.

Магістрант 6 курсу, гр. ТЯ-81мн Кухочька О.В.
Доцент, к.т.н Коньшин В.І.
Асист., к.т.н. Овдієнко Ю.М.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ТА ЧУТЛИВОСТІ СПЕКТРАЛЬНОГО ЕФЕКТУ НА МАКРОСКОПІЧНІ ПЕРЕРІЗИ ТВЗ ВВЕР-1000

У детерміністичних аналізах безпеки для атомних електростанцій стало загальною практикою застосовувати коди найкращої оцінки для аналізу аварій з метою зменшення ступеня консерватизму. Так як, коди найкращої оцінки використовуються в поєднанні з реалістичними вхідними даними, необхідно враховувати важливі епістемічні невизначеності (тобто невизначеності, обумовлені неповним знанням про явище, яке впливає на здатність моделювати його), які можуть вплинути на обчислювальний результат, і їх вплив необхідно обчислювати кількісно [1]. Вагомим джерелом епістемічної невизначеності є реалізовані в комп'ютерному коді формули моделей.

З огляду на це, проведено дослідження аналізу впливу невизначеності та чутливості спектрального ефекту на макроскопічні перерізи взаємодії (МПВ) ТВЗ ВВЕР-1000, яке є другим етапом у рамках дослідження спектрального ефекту, що дасть змогу підвищити точність виконання нейтронно-фізичного розрахунку реактора та якість моделювання нейтронно-фізичних процесів в активній зоні, тим самим підвищивши ядерну безпеку в цілому. Науково-практична новизна даного дослідження полягає у тому, що для урахування реальної історії вигорання враховано залежність накопиченого ізотопного складу не тільки від вигорання, а й від самої історії зміни спектра нейтронів під час вигорання палива.

Розрахунок вигорання та підготовка МПВ виконано за допомогою розробленої розрахункової моделі у програмі HELIOS [2] для ТВЗА, яка на сьогодні експлуатується на більшості енергоблоків ВВЕР-1000 України. Для оцінки впливу невизначеності та чутливості спектрального ефекту на МПВ обрано підхід GRS з використанням програмного забезпечення SUSANA [3]. Вплив спектрального ефекту на МПВ врахований шляхом проведення розрахунків вигорання палива для варіаційних наборів теплофізичних параметрів (температури палива, температури та густини теплоносія, концентрації борної кислоти), заздалегідь підготовлених за допомогою програми SUSANA. За результатами розрахунків отримані набори залежностей ізотопного складу палива від вигорання.

Після чого, підготовлені нейтронно-фізичні константи для референсного стану для ізотопного складу, що відповідав набору референсних теплофізичних параметрів, але для варіаційних наборів ізотопного складу. На наступному етапі для отриманих варіаційних наборів нейтронно-фізичних констант проведено аналіз невизначеності та чутливості.

Як результат, отримано кількісні характеристики невизначеності значень МПВ та характеристики чутливості по відношенню до параметрів, що зумовлюють зміну спектру розподілу щільності потоку нейтронів в розрахунковій чарунці паливної касети ВВЕР-1000. Результати даної роботи можуть бути застосовані при підготовці малогрупових бібліотек нейтронно-фізичних перерізів з метою подальшого використання в розрахунках нейтронно-фізичних характеристик активної зони ВВЕР-1000 малогруповим крупносіточним кодом.

Перелік посилань:

1. International Atomic Energy Agency (IAEA), Deterministic safety analysis for nuclear power plants. Specific Safety Guide No. SSG-2, Wien, 2009.
2. HELIOS methods. Studsvik® Scandpower, Version 1.10, April 2008.
3. Kloos M., SUSANA — Software for uncertainty and sensitivity analyses, Version 4.0, User's Guide and Tutorial. GRS-P-5, Rev. 1, Garching, 2015.

Магістрант 6 курсу, гр. ТЯ-81мн Мандриченко К.Е.
Ст. викл., к.т.н. Клевцов С.В.

ЗАСТОСУВАННЯ ТУРБОПРИВІДНИХ АВАРІЙНИХ ЖИВИЛЬНИХ НАСОСІВ В СХЕМАХ АЕС З ВВЕР-1000

У статті розглянуто використання систем, призначення яких спрямоване на додаткову активацію тепломасообміну в обладнанні енергетичної установки, що слугує заходом напрямленим на зниження технічного ризику [1].

Відомо, що в аварійних режимах функціонування системи пасивного відведення тепла для зниження ризику пошкодження технологічного обладнання може здійснюватися на АЕС при повному електрозніструмленні енергоблоку, однак ефективність такої системи істотно залежить від достатнього постачання води у парогенератор [2].

Тому визначаючи ціль роботи, можна зазначити її як підвищення безпеки енергоблоку АЕС шляхом впровадження додаткової аварійної системи підживлення парогенератору з використанням турбопривідного насоса поповнення дефіциту водного середовища. Даний підхід базується на використанні енергії пари від залишкових енерговиділень.

Побудова конфігурації системи відбувається з передбаченням та врахуванням всіх необхідних умов для повноцінного функціонування кожного елемента та системи в цілому (врахування доступних джерел води, переключення між ними, забезпечення роботи допоміжного обладнання та ін.). Важливою обставиною в умовах функціонування обладнання АЕС в аварійних режимах є необхідність вчасного спрацювання системи з необхідною швидкістю та високою надійністю її включення в роботу.

Традиційні турбоприводи насосів підживлення, що передбачують використання лопаточних турбін, мають недоліки, пов'язані з ударним поданням вологої пари в пускових (аварійних) режимах. Тому розробка електронезалежних приводів з можливістю безударного включення їх в роботу відноситься до актуальних технічних питань. Даний безударний пуск може бути забезпечено за допомогою застосування бустерної по парі турбіни, в якості якої може бути застосована фрикційно-вихрова турбіна [3]. Саме такий принцип підвищення надійності пропонується використати при розробці системи.

Розроблено принципову схему системи та описано особливості її функціонування в розглянутих умовах. Обґрунтовано надійність та можливість реалізації підходу.

Перелік посилань:

1. Енергетична стратегія України на період 2030 р. від 17 серпня 2017 р. №145-р Київ: Розпорядження // Кабінет міністрів України.– 2006.– С. 75
2. Погосов А.Ю. Передаварійні фізичні процеси та надійний тепловідвід в ядерних енергоустановках. Одеса: Наука і техніка, 2014.– 264 с..
3. Корольов О.В. Комбінований турбопривід насоса для подачі водних середовищ / О.В. Корольов, О.В. Дерев'янка // Патент на корисну модель № 92070 [МПК F01D/ F01K], опубл. 25.07.2014, Бюл.№ 14.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-91мп Семко Є.М
Доц., к.т.н. Коньшин В.І.

ОПТИМІЗАЦІЯ СХЕМИ ЗЛИВУ КОНДЕНСАТУ ТУРБОЖИВИЛЬНОГО НАСОСУ ДЛЯ ВВЕР-1000 НА РІВНЕНСЬКІЙ АЕС

Турбоживильні насоси (ТЖН), які призначені для подачі живильної води з деаераторів в парогенератори (ПГ) у всьому діапазоні навантажень енергоблоку з реактором ВВЕР-1000 [1]. Кожен турбоживильний насос (на енергоблоці встановлено 2 ТЖН) здатний подавати воду всім чотирьом ПГ [2]. Обидва турбоживильних насоса повинні забезпечувати необхідну витрату живильної води в залежності від паропродуктивності парогенераторів. Один турбоживильний насос може забезпечувати достатню кількість живильної води для підтримки номінального рівня котлової води в ПГ, на рівні потужності ядерної парогенеруючої установки не більше 49%.

При роботі турбоживильного насоса конденсат спрацьованого пара в турбіні відводиться за допомогою конденсатних насосів.

Конденсатна система RW виконує автоматичне регулювання рівня в конденсатозбірнику трубопроводу живильного тракту, а також забезпечує необхідну витрату конденсата через охолоджувачі ежекторів ТЖН.

Конденсат з конденсатозбірника відкачується одним з двох конденсатних насосів КсВА 125-55. З лінії нагнітання насоса частина конденсату спрямовується в охолоджувачі основного ежектора і ежектора системи відсмоктування пари з ущільнень, інша частина - в регулятор рівня. Після охолоджувачів, потік конденсату спрямовується до регулятора рівня, далі відводиться в конденсатор турбіни К-1000-60 / 3000 або в дренажний бак.

Технічним проектом передбачено й інший варіант роботи конденсаційно-вакуумної системи ТЖН, а саме, відведення конденсату з конденсатора ТЖН шляхом використання «безнасосного» зливу в конденсатор турбіни К-1000-60 / 3000 при наявності в останньому вакууму. При виконанні технологічних операцій по об'єднанню вакуумної і конденсатної систем ТЖН і основної турбіни відведення конденсату відбувається за рахунок різниці розташування по висоті (злив води відбувається самостійно) конденсаторів ТЖН та основної турбіни [3].

При такому варіанті роботи заощаджується електроенергія, що витрачається на роботу конденсатних насосів і економиться використання пари від колектора власних потреб для роботи основного ежектора ТЖН.

Даний варіант роботи основної турбіни К-1000-60 / 3000 та турбіни ОК-12А ТЖН на енергоблоках №3 і №4 Рівненської АЕС не використовується. Тому пропонується впровадження такої схеми, як більш ефективною на цих енергоблоках.

Перелік посилань:

1. Автоматична систем регулювання та захисту від розгину турбіни ОК-12А-1. Блок з реактором ВВЕР-1000. Система нормальної експлуатації. Блок №3 122-24-ТЦ-2.
2. Блок з реактором ВВЕР-1000. Система важлива для безпеки, живильний турбонасосний агрегат.
3. Система регулювання та захисту турбіни К-10-5 / 3400 ПА. Система для нормальної експлуатації. Блок №3 з реактором ВВЕР-1000 на Рівненській АЕС.

Master 5 курсу, гр. ТЯ-91МП Maslyha Y.O.
Sen. lect. Shilyna L.I.

ANALYSIS OF THE RADIATION MONITORING SYSTEM OF ZNPP

Background. Nuclear installation is a source of radiation impact on the environment and the population of the surrounding area. The main radiation components are radioactive fission products of nuclear fuel and products of neutron activation of materials and media used in the first circuit of power units. Therefore, it forces us to constantly monitor and analyze systems to limit radiation exposure on the population and the environment, as well as to reduce it consistently.

Objective. It is necessary to study, investigate and analyze the existing system of rationing radioactive emissions and discharges, which includes permissible limits, control, administrative and technological levels in order to reduce the impact of radioactive emissions on the population and the environment.

Methods. Radiation monitoring of environmental objects in the ZNPP [1] impact zone is carried out on the natural radiation background of the territory formed in the presence of radioactive contamination generated during testing nuclear weapons and accidents at other nuclear facilities. In most cases it is impossible to highlight the impact of the ZNPP.

To obtain the calculations and the necessary analysis, a list of beyond design accidents that lead to maximum emissions of radioactive materials beyond the confines of a nuclear reactor and localize safety systems has been determined. The initial reserve of activity in the nuclear fuel of the unit has been determined. Calculations were made on the estimation of the magnitude of the emission outside the power unit and the calculation of radiation doses from the radioactive emission outside the power unit for beyond design accidents and the size of the observation area was determined.

Results. The results of the calculation and analysis show that the emission of radioactive iodine isotopes is reduced by more than an order of magnitude and is now quite stable. The emission of long-lived radioactive elements according to spectrometry data has also generally decreased by 10 - 30 times and is now quite stable. Discharges of radioactive elements over the past 15-20 years have also largely decreased by several times. The estimated doses of exposure of the population of the surrounding area due to the impact of the ZNPP are about 0.3 $\mu\text{Sv} / \text{h}$, which is almost 30 times less than the allowable norm and by 4 orders of magnitude less than the radiation from natural sources.

Conclusions. The formed system allows to adequately evaluate and control all radioactive flows, and dynamics of change of radiation situation for all environmental components. As it was shown by the analysis, as a whole the radiation control program of the ZNPP impact on the environment meets international requirements and the best world practices. Thus, it can be stated that the radiation impact of the ZNPP during its period of operation did not have a significant impact on the environmental situation of the region. The calculation results show that the size of the observation area does not exceed the 30 km established by the project [2]. The results of this control testify to the positive success of the station in minimizing radiation exposure to the environment.

References:

1. Report "Radiation situation in the area of Zaporizhzhya NPP placement before commissioning".
2. The procedure for establishing the permissible levels of discharges and emissions of Ukrainian NPPs, Approved by the Chief State Physician of Ukraine, approved №29 of 23.07.2002.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-91мп Вершняк В.Л.
Доц., к.т.н. Халімончук В.А.

НЕЙТРОННО-ФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАВАНТАЖЕНЬ ВВЕР-1000 ПАЛИВОМ ТВЗА-12 ТА ОБҐРУНТУВАННЯ БЕЗПЕКИ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА УКРАЇНСЬКИХ АЕС

Впровадження модернізованого палива дозволить покращити нейтронно-фізичні та техніко-економічні показники експлуатації паливних завантажень на реакторах типу ВВЕР-1000.

Особливістю конструкції ТВЗА-12 є застосування 12 дистанціонуючих решіток (ДР) висотою 35 мм в складі каркаса збірки. Збільшення висоти дистанціонуючих решіток при зменшенні їх кількості в складі каркаса ТВСА-12 в порівнянні з ТВСА, дозволяє збільшити жорсткісні характеристики конструкції при збереженні прийняттого гідравлічного опору [1].

ТВЗА-12 характеризується збільшеною ураноємністю і призначена для експлуатації в перспективних паливних циклах (5x1 рік, 3x1,5 року), на АЕС з реакторами ВВЕР-1000 з урахуванням підвищення потужності енергоблоків до 104% $N_{ном}$. Ураноємність в ТВСА-12 забезпечується застосуванням твелів із збільшеною завантаженням урану (паливними таблетками зовнішнім діаметром 7,8 мм без центрального отвору).

Застосування ТВЗА-12 дозволяє вирішувати наступні завдання [2]:

- забезпечення терміну служби ТВЗА-12 до шести календарних років;
- застосування ТВЗА-12 при роботі енергоблоків ВВЕР-1000 на рівні потужності 104% від номінальної;
- максимальне розрахункове вигорання палива - до 65 МВт·доб / кгU в середньому по ТВС і 72 МВт·доб / кгU в середньому по ТВЕЛУ;
- реалізація гнучкого режиму роботи ТВЗ, з часом роботи між перевантаженнями від 250 до 470 еф. доби зі зменшеним вибоком нейтронів. Необхідна тривалість кампанії активної зони забезпечується вибором збагачення підживлення і відповідної кількості ТВЗ підживлення;
- забезпечення розбірності і ремонтпридатності ТВЗА-12 в умовах АЕС із застосуванням стенда інспекції та ремонту.

Метою даної роботи є аналіз НФХ завантажень ВВЕР-1000 паливом ТВЗА-12 та аналіз їх безпеки в нормальних режимах експлуатації, порушеннях нормальних режимів та проектних аваріях.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що отримані розрахунки та проведений аналіз наявних матеріалів дасть змогу отримати максимально реалістичну оцінку доцільності впровадження даного палива на українських енергоблоках.

Перелік посилань:

1. Остаточний звіт з аналізу безпеки, Рівненська АЕС, енергоблок № 4.
2. Концептуально технічне рішення про впровадження ТВЗА-12 на реакторах типу ВВЕР-1000.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-91мп Завальнюк С.М.

Доц., д.т.н. Халімончук В.А.

ІМОВІРНІСНА ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ РЕМОНТІВ СВБ НА ПОТУЖНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ КОНФІГУРАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

На Американських АЕС вже протягом довгого часу успішно використовується проєкт по оптимізації технічного обслуговування і ремонтів систем, важливих для безпеки, на основі ризик-інформованого управління конфігурацією [1, 2, 3].

В той же час в Україні досі не існує даного проєкту [4, 5]. Саме ці моделі можна буде використати для обґрунтування безпечної реалізації ремонту систем важливих для безпеки (СВБ) на потужності.

Впровадження ризик-інформованого управління конфігурацією АЕС, відповідно до американської практики, дозволяє [6, 7]:

- Підвищити коефіцієнт використання встановленої потужності (досягається шляхом зменшення тривалості ППР, розширенням об'єму технічного обслуговування і ремонтів при роботі енергоблоку на потужності, збільшенням дозволеного часу виведення обладнання в ремонт, збільшенням міжремонтних інтервалів і періодичності технічного обслуговування);
- Підвищити ефективність експлуатації (досягається шляхом зменшення об'єму робіт з обладнанням – зниження деградації обладнанням, зниження дозового навантаження на персонал);
- Понизити ризик (досягається шляхом зниження тривалості станів АЕС з високим ризиком при виконанні робіт по обслуговуванню; концентрація робіт на найбільш вагомому обладнанні);
- Підвищити економічні показники (оптимізація і планування навантаження ремонтного персоналу, зниження витрат).

Перелік посилань:

[1] 21.2.ООР.2.4.ОД.0 Методичне керівництво щодо ризик – інформованого управління конфігурацією АЕС, ризик-інформованого ТРБЕ та ризик-інформованого визначення міжремонтних інтервалів та періодичності технічного обслуговування для АЕС з ВВЕР-1000;

[2] Diablo Canyon Power Plant. Interdepartmental Administrative Procedure. AD7.ID14. Rev. 16. Assessment of Integrated Risk.

[3] On-Line Maintenance Work Activity Screening Process Guideline. Argonne National Lab C. R. Grantom P.E. & Associates, LLC, May 2018

[4] НП 306.2.141-2008. Загальні положення безпеки атомних станцій.

[5] НП 306.2.162-2010. Вимоги до оцінки безпеки атомних станцій.

[6] НП 306.2.217-2017. Вимоги до ризик-інформованого прийняття рішень з безпеки атомних станцій.

[7] НП 306.2.106-2005. Вимоги до проведення модифікацій ядерних установок та порядку оцінки їх безпеки.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-91мп Кньовець Д.В.
Асист., к.т.н. Овдієнко Ю.М.

АНАЛІЗ ПРОЦЕДУРИ ВІДНОВЛЕННЯ ПІД ЧАС АВАРІЇ З МАЛОЮ ТЕЧЕЮ ТЕПЛОНОСІЯ ПЕРШОГО КОНТУРУ РЕАКТОРНОЇ УСТАНОВКИ ВВЕР-1000

Управління аваріями є одним з ключових чинників надійної експлуатації АЕС [1]. Аварії з малою течєю теплоносія першого контуру ($D_{\text{екв}}=11-50\text{мм}$) відносяться до проектних аварій. Всі дії персоналу для ліквідації аварій представлені в ІІА та СОАІ [2]. Однак в інструкціях описані дії для переведення енергоблоку АЕС в безпечний стан при проектному протіканні аварії.

Для того щоб вибрати процедуру відновлення енергоблоку потрібно послідовно виконати наступні етапи:

1. Визначення причин.
2. Аналіз протікання аварії.
3. Аналіз роботи систем безпеки.
4. Аналіз роботи систем важливих для безпеки.
5. Можливість досягнення безпечного кінцевого стану.

Проблема, яка виникає при використанні цих інструкцій, це те що в них не враховані відмови систем безпеки або їх елементів під час протікання аварії.

Мета та задачі дослідження. Провести аналіз існуючих інструкцій ліквідації аварій на енергоблоках типу ВВЕР-1000 з відмовою однієї з систем безпеки. Досягнення поставленої мети досягається шляхом виконання послідовних дій: аналіз існуючих процедур відновлення; ознайомлення з програмним продуктом який буде використаний для дослідження; модифікація розрахункової моделі; аналіз результатів розрахунку; обґрунтування коректності інструкцій для переведення реакторної установки в безпечний стан при відмові однієї з систем безпеки.

Методи дослідження. Детерміністичні методи аналізу. Порівняння результатів розрахунків отриманих за допомогою програмного коду RELAP5-3D для проектного сценарію протікання аварії та сценарію протікання з накладанням відмови системи безпеки.

Наукова новизна. Розробка підходів до обґрунтування коригувань процедури відновлення.

Практичне значення полягає в тому, що отримані результати дозволять обґрунтувати доцільність існуючих інструкцій для запроектних аварій та подальшого обґрунтування внесення коректив до процедур відновлення для забезпечення ядерної безпеки при запроектних аваріях.

Перелік посилань:

1. Guidelines for Accident Analysis of WWER Nuclear Power Plants. IAEA-EBP-WWER-01, 1995.
2. Инструкция по ликвидации аварий и аварийных ситуаций на реакторной установке энергоблока №4 ОП «Ровенская АЭС».

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-91мп Мамчич Ю.Р.
Асист., к.т.н. Овдієнко Ю.М.

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСЕРВАТИВНОГО РОЗПОДІЛУ ІЗОТОПНОГО СКЛАДУ В ТВЗ ВВЕР-440 ДЛЯ АНАЛІЗУ ЯДЕРНОЇ БЕЗПЕКИ СИСТЕМ ЗБЕРІГАННЯ ПАЛИВА

Поводження з ядерним паливом є ключовим питанням аналізу безпеки для багатьох країн, що працюють з атомними електростанціями або виведеними з експлуатації. У сфері аналізу ядерної безпеки на даний час знайшов застосування так званий кредит на вигорання ("burnup-credit"), що дозволяє реалізувати більш економічно ефективно поведження відпрацьованим паливом та враховує збільшення підкритичності відпрацьованого палива внаслідок вигорання. У багатьох країнах кредити на вигорання використовуються для транспортування відпрацьованого палива, сухого зберігання, зберігання в басейнах витримки та у місцях переробки відпрацьованого палива.

Важливі для безпеки характеристики відпрацьованого ядерного палива (ВЯП) обумовлюються в першу чергу ізотопним складом, що сформувався в процесі вигорання цього палива. Визначення ізотопного складу ВЯП необхідно для обліку і контролю кількості ядерно небезпечних матеріалів, визначення джерел для аналізу теплової та радіаційної безпеки, використання вигорання в якості параметра ядерної безпеки при обґрунтуванні ядерної безпеки систем поведження з ВЯП.

Проблема, що виникає при розробці та впровадженні врахування глибини вигорання палива, пов'язана з визначенням ізотопного складу відпрацьованого ядерного палива у залежності від його вигорання.

Мета та задачі дослідження виконати аналіз консервативного розподілу ізотопного складу ВТВЗ ВВЕР-440 для подальшого використання аналізу безпеки систем зберігання палива. Досягнення поставленої мети забезпечується шляхом виконання послідовності дослідницьких завдань: аналіз сучасного досвіду використання глибини вигорання ядерного палива як фактору безпеки для реакторів ВВЕР; ознайомлення з розрахунковим продуктом, що буде використаний при виконання роботи; розробка комп'ютерних моделей для розрахунку ізотопного складу ВЯП і оцінки його розмножуючи властивостей; визначення консервативного просторового розподілу ізотопного складу у ВЯП для забезпечення величини під критичності систем поведження з ВЯП; вибір та обґрунтування переліку ізотопів для подальшого врахування в розрахунках критичності.

Методи дослідження. Детерміністичні методи аналізу та порівняння даних, отриманих з літературних джерел, експериментів та розрахунків. Метод комп'ютерного моделювання нейтронно-фізичних процесів у системах зберігання і транспортування ВЯП. Вивчення та використання математичних комп'ютерних моделей. Для розрахунків ізотопного складу ВЯП використовуються розроблені моделі для комплексів HELIOS та/або SCALE [1].

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що отримані розрахунки, рекомендації та висновки аналізу розрахунку ізотопного складу дозволять зменшити існуючий консерватизм або уточнити реалістичну оцінку. Практичне значення одержаних результатів досліджень матимуть потенційно важливе значення для обґрунтування ядерної безпеки систем зберігання та транспортування ВЯП і економічної ефективності експлуатації ядерних установок.

Перелік посилань:

1. В.В. Соловійов, Є.О. Лебедев Розрахунки ізотопного складу відпрацьованого ядерного палива РВПК-1000 для верифікації програмного модуля SCALE-6.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ НЕПРЯМОЇ ОЦІНКИ ДЛЯ ПІДТВЕРДЖЕННЯ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ ТЕПЛОМЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ РЕАКТОРНОЇ УСТАНОВКИ ВВЕР-1000

Для АЕС поняття "сейсмостійкість" має на увазі гарантію забезпечення ядерної та радіаційної безпеки при землетрусах. Тому до АЕС, як до об'єктів з надзвичайно високою потенційною небезпекою, повинні застосовуватися значно суворіші від загальнопромислових вимоги щодо сейсмостійкості, які забезпечують міцність будівельних конструкцій, недопущення виходу з ладу і порушень функціонування технологічних систем, важливих для безпеки. У той же час вимоги безпеки не повинні призводити до невиправданого підвищення витрат на проведення сейсмічних захисних заходів.

Метою даної роботи є аналіз ефективності методів непрямой оцінки для підтвердження сейсмостійкості обладнання (сейсмічної кваліфікації) з розробкою рекомендацій щодо підвищення сейсмостійкості у випадках її не підтвердження.

Сейсмічна кваліфікація повинна підтвердити здатність обладнання виконувати покладені на нього функції безпеки під час і після сейсмічного впливу протягом всього терміну експлуатації цього обладнання [1].

Для того, щоб виконувалися основні критерії сейсмічної безпеки, встановлені для землетрусу проектного рівня та/або максимального розрахункового землетрусу, має бути проведений відповідний аналіз систем і обладнання АЕС з урахуванням принципу одиничної відмови і збереження існуючих рівнів глибокоешелонованого захисту.

В даній роботі наведений короткий опис методів, нормативно-технічної документації і основних критеріїв прийнятності, які використовуються для визначення запасу сейсмостійкості і сейсмічної модернізації певних типів споруд і обладнання існуючих АЕС з реакторами типу ВВЕР-1000.

Сейсмостійкість обладнання існуючих АЕС може бути оцінена за допомогою випробувань, розрахункового аналізу, а також досвіду експлуатації (непрямой оцінки), що охоплює, зазвичай, проведення візуальних оглядів за місцем експлуатації обладнання і ґрунтовний інженерний аналіз на основі досвіду реальних землетрусів за процедурою Generic Implementation Procedure (GIP) [2].

Кажучи про довгострокову експлуатацію АЕС, необхідно продемонструвати відповідну функціональність технологічних систем і елементів обладнання під дією зовнішніх впливів в процесі експлуатації, включно з сейсмічними впливами. В цьому відношенні міжнародний досвід і нормативна база України підкреслюють важливість детальних візуальних оглядів споруд і обладнання, а також використання факторів впливу та інших характеристик, обґрунтованих результатами випробувань. Саме тому розглянута тема є актуальною та перспективною у сфері експлуатації АЕС.

Перелік посилань:

1. «Вимоги до сейсмостійкого проектування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків атомних станцій», НП 306.2.208-2016;
2. «Методология оценки сейсмостойкости оборудования для целей квалификации на сейсмические воздействия», Институт ядерных исследований Ржеж АО, 2009 г.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-91мп Омельчук Е.О.
Ст. викл., к.т.н. Сахно О.В.

ОРГАНІЗАЦІЯ ВОДНО-ХІМІЧНОГО РЕЖИМУ 2-ГО КОНТУРУ ДЛЯ НАДІЙНОЇ ТА БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАРОГЕНЕРАТОРІВ

Накопичення продуктів корозії (ПК) обумовлює ряд проблем при тривалій експлуатації АЕС, включаючи посилення процесів деградації обладнання другого контуру, підшлямову корозію і корозійне розтріскування [1]. Виведення корозійного шламу і відкладення продуктів корозії з парогенераторів (ПГ) та іншого обладнання енергоблоків (ЕБ) ВВЕР пов'язано з витратами часу і коштів, а також утворенням відходів. В умовах значного збільшення термінів експлуатації енергоблоків дана проблема загострюється і вимагає нових рішень з урахуванням досвіду вітчизняних і зарубіжних АЕС.

Головною тенденцією введення ВХР є прагнення підвищити значення рН живильної води ПГ з метою зниження швидкості корозії конструкційних матеріалів другого контуру і, відповідно, швидкості росту відкладення на теплообмінних трубках ПГ.

Грунтуючись на досвіді експлуатації АЕС з ВВЕР і PWR в якості основного варіанту забезпечення необхідних значень рН не тільки в живильній воді, але і в парі і інших потоках другого контуру, обраний етаноламіновий водно-хімічний режим [2].

Застосування водно-хімічного режиму з використанням етаноламіну викликано тим, що він має кращі властивості, в порівнянні з аміаком, особливо в області вологої пари і двофазних потоків через більш низьких коефіцієнтів розподілу між парової і водною фазами.

На підставі результатів досліджень з оцінки впливу етаноламінового ВХР-2 на корозійно-ерозійний знос устаткування і трубопроводів другого контуру, а також порівняльної оцінки результатів ведення гідразин-амінного (ГА) і морфолінового ВХР-2 з точки зору впливу на надійність основного обладнання [3]:

1. В умовах використання мідних сплавів в другому контурі АЕС з ВВЕР-1000 етаноламіновий ВХР-2 є ефективним способом зниження корозійно-ерозійного зносу обладнання другого контуру виконаного з вуглецевих і нержавіючих сталей.

2. Етаноламіновий ВХР-2 знижує надходження оксидів міді в парогенератори на енергоблоках АЕС, оснащених ПНТ з нержавіючої сталі.

3. Етаноламіновий ВХР-2 в комплексі з технологією консервації обладнання октадециламіном і модернізацією системи продувки ПГ може створювати баланс між надходженням і виведенням відкладень з об'єму ПГ, що є альтернативою хімічному відмиванню ПГВ-1000М.

Перелік посилань:

1. Козлов В.Я., Власенко Н.И., Козлова Т.Ю., Анализ эксплуатации ВХР-2 с коррекционной обработкой рабочей среды энергоблока №3 РАЭС гидроокисью лития и этаноламином с точки зрения влияния на надежность оборудования, ОП «Научно-технический центр» ГП НАЭК «Энергоатом», Киев, Украина

2. L. Millet, F. Serres, D. Verneeren, D. Moreaux «Оптимизация водно-химического режима второго контура на французских АЭС с реакторами типа PWR: новейшие методы исследования и политики».

3. Матеріали засідання совета спеціалістів-хіміків ГП НАЭК «Энергоатом». Одесса, 22-24 мая 2012 г.

Магістрант 6 курсу, гр. ТЯ-91мп Папежук Д.П.
Доц., к.т.н. Коньшин В.І.

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГІДРОЄМНОСТІ САОЗ РЕАКТОРНОЇ УСТАНОВКИ ВВЕР-1000 З МЕТОЮ ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

На даний момент майже всі енергоблоки атомних станцій в світі закінчують проектний термін експлуатації. Тому гостро стоїть проблема продовження розрахованих ресурсів реакторних установок. А саме підвищення безпеки та надійності експлуатації обладнання, які цього потребують за економічно вигідними витратами.

Елементи пасивної системи аварійного охолодження зони реактора (САОЗ) піддаються негативному впливу зовнішніх та внутрішніх факторів, які призводять до зниження їх ефективності. Проте для заміни елементів необхідно детально провести аналіз впливу різноманітних факторів на максимально надійну та безпечну працездатність.

Доповідь буде містити розрахунок гідроємностей САОЗ реакторної установки енергоблоку №2 ВП ЗАЕС. Він включає в себе такі складові: аналіз результатів контролю металу, виконання розрахунків на статичну міцність, циклічну та сейсмічну стійкість, гідровипробування [1].

Опрацювавши наявну документацію з контролю металу в деталях та вузлах гідроємностей САОЗ, встановлено відповідність напружень в місцях контролю допустимим напруженням, зазначеним в діючих нормативних документах.

Розрахунок на статичну міцність буде включати побудову та розрахунок моделі в розрахунковому коді, розрахунок при параметрах, що відповідають нормальним умовам експлуатації (НУЕ) та гідровипробуванням (ГВ). Також проведений аналіз статичної міцності фланцевого з'єднання [2].

Розрахунок на сейсмічну стійкість буде проводитися для комбінації параметрів НУЕ та максимального розрахункового землетрусу (МРЗ) відповідно до [3]. Згідно отриманих результатів буде вирішено, чи діючі напруження від сейсмічних навантажень в розрахункових зонах конструкцій не перевищують допустимі напруження.

Перелік посилань:

1. ПМ-Т.0.08.163-05. Типова програма оцінки технічного стану та перепризначення ресурсу / терміну служби посудин.
2. ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок, Высшая школа, М., 1989р.
3. ПНАЭ Г-5-006-87. Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций, Высшая школа, М., 1989р.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-91мп Потоскуєв В.С.
Доц., к.т.н. Коньшин В.І.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ПОЗАКОРПУСНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ КОРПУСА РЕАКТОРА ВВЕР-1000 (В-320) ПРИ ВАЖКІЙ АВАРІЇ

Забезпечення безпеки таких важливих техногенних об'єктів енергетики як АЕС на сьогоднішній день є однією зі значних і пріоритетних завдань у світовому співтоваристві. Тепер вже неодноразово заклопотане аваріями, що відбулися («Three Mile Island» [1], «Чорнобиль» [2], «Fukushima-1» [3]), людство визнає значимість цієї проблеми. Досвід експлуатації АЕС показав, що навіть при досить низькій вірогідності (10^{-6} за оцінками МАГАТЕ) існує можливість розвитку важкої аварії, що вимагає особливої уваги до дослідження процесів, що відбуваються при її розвитку, а також її наслідків.

Забезпечення того, що коріум залишиться в корпусі (як це було на другому енергоблоці Three Mile Island) під час важкої аварії значно зменшить навантаження на гермооб'єм (останній бар'єр захисту), відповідно зменшить ризик викиду продуктів ділення в навколишнє середовище для більшості зі сценаріїв важкої аварії [4].

Цей тип стратегії вже включений до переліку стратегій для декількох реакторів типу ВВЕР-440 (Loviisa in Finland), AP-600, AP-1000, PWR-1400, APWR-1700 [5].

Під час аналізу літератури було визначено, що на даний момент немає комп'ютерної моделі, яка б враховувала всі невизначеності басейну розплаву: його теплофізичні властивості, можливі нестационарні процеси при зовнішньому охолодженні корпусу реактора шляхом заповнення шахти реактора водою.

Розглядається випадок важкої аварії із плавленням активної зони – із утворенням розплаву коріуму.

Метою роботи є розробка комп'ютерної моделі корпусу реактора ВВЕР-1000 із внутрішнім джерелом тепла в якості розплаву активної зони та зовнішнім охолодженням об'ємом води під тиском в гермооб'ємі за допомогою програмного коду Ansys, яка дозволить визначити значення деформації в циліндричних чарунках, в нижньому еліптичному днищі, температурний розподіл по поверхні корпусу реактора типу ВВЕР-1000 (В-320) та порівняння цих значень із умовами міцності.

Перелік посилань:

1. TMI-2 vessel investigation project integration report: technical report / J.R. Wolf, J. L. Rempe, L. A. Stickler, G. E. Korth, D. R. Diercks, L. A. Neimark, D.W.Akers, B. K. Schuetz, T. L. Shearer, S. A. Chavez, G. L. Tbinnes, R. J. Witt, M.L.Corradmi, J. A. Kos.– Idaho Falls: Idaho National Engineering Laboratory, 1993.–178 p.;
2. Пазухин, Э. М. Лавообразные топливосодержащие массы 4-го энергоблока Чернобыльской АЭС: топография, физико-химические свойства, сценарий образования / Э. М. Пазухин // Радиохимия.– 1994.– Т. 34.– Вып. 2.–С. 78-99;
3. Lessons learned from the nuclear accident at the Fukushima Daiichi nuclear power station: special report.– Atlanta: Institute of Nuclear Power Operations, 2012.– 42 p.
4. Моделирование бассейна расплава на днище корпуса ВВЭР-1000 в условиях тяжелой аварии с плавлением топлива. Ю.А. Звонарев, И.А. Мельников, Ю.Б. Шмельков. НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия. 10МНТК «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЕР». ОКБ «Гидропресс», Подольск, Россия. 2017г.
5. In-vessel Melt Retention (IVMR) Analysis of a VVER-1000 NPP. Режим доступу : <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/vessel-melt-retention-ivmr-analysis-vver-1000-npp>;

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-91мп Сульжик Т.О.
Асист. Гуменюк Д.В.

ВІБРОШУМОВИЙ АНАЛІЗ ЗА ДОПОМОГОЮ ДЕТЕКТОРА ПРЯМОГО ЗАРЯДУ

ЯПВУ будучи складним технічним об'єктом, експлуатація якої буде супроводжуватись накопиченням малих подій, які, як правило, не фіксуються існуючими штатними каналами "Системи вимірювання та діагностики". Концепції безпечної експлуатації атомних станцій базуються на широкому впровадженні систем раннього діагностування. Ці системи об'єднані єдиною ідеологією оперативного діагностування, що дозволяє забезпечити глибину діагностування та відповідає вимогам безпечної експлуатації АЕС.

На сьогоднішній день, вирішення конкретних діагностичних задач знайшло своє технічне втілення в так званих локальних системах діагностики. Принцип локальності полягає в тому, що конкретна система або діагностує певну частину об'єкта, або фіксує певний фізичний процес. Кожна з них являє з себе функціонально закінчену систему, не претендуючи на повноту діагностування РУ. Але комплекс таких систем, які пов'язані єдиною ідеологією, здатний забезпечити повну та глибоку діагностику.

Однією з таких є СВРЩД [1], яка призначена для вібромоніторингу і діагностування основного технологічного обладнання реакторної установки, включаючи реактор з внутрішньокорпусними пристроями, метою виявлення аномальних вібраційних станів обладнання, викликаних появою в ньому дефектів тощо.

Результати робіт цього напрямку [2], мають на меті покращити процес діагностування обладнання та раннього виявлення аномалій для його подальшої експлуатації. За результатами проведених досліджень було отримано, що вібрації внутрішньореакторного обладнання в потоці теплоносія є вимушеними і відбуваються переважно на частотах вимушених гідродинамічних сил, основними з яких є:

- власні коливання в проточній частині установки, частоти яких визначаються геометрією проточної частини, а також температурою і густиною теплоносія;
- пульсації тиску від роботи циркуляційних насосів.

Важливо зазначити, що отримані дані використовуються не тільки для вирішення завдань по конкретному обладнанню (наприклад, у визначенні можливості і умов продовження призначеного терміну експлуатації), а й для обґрунтування рішень для обладнання, що проектується.

Перелік посилань:

1. Г.В. Аркадов, В.И. Павелко, А.И. Усанов. "Виброшумовая диагностика ВВЭР"/ Под ред. А.А. Абагына.-М.: Энергоатомиздат, 2004г.- 344 с.
2. Г.В. Аркадов, А.И. Трофимов, А.И. Усанов. "Вибрационные исследования водородных энергетических реакторов на этапах проектирования, ввода в действие, назначенного и продленного сроков эксплуатации", 2007 г.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-91мп Ткач О.С.
Асист. Гуменюк Д.В.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ СТРАТЕГІЙ УПРАВЛІННЯ ВАЖКИМИ АВАРІЯМИ В БАСЕЙНІ ВИТРИМКИ НА АЕС С ВВЕР-440

Однією з основних вимог в ядерній безпеці є запобігання виникнення умов, що можуть призвести до важкої аварії на атомних електростанціях. Важка аварія - запроектна аварія, при якій відбувається важке пошкодження активної зони.

Стратегії ґрунтуються на підживленні басейна витримки (БВ) водою з заданою витратою. При цьому перевага віддається підживленню борованою водою для забезпечення проектної підкритичності ядерного палива в БВ.

Стратегії можна умовно поділити на 2 групи.

1. «Середнє підживлення» здійснюється вже після початку руйнування палива і спрямоване на збереження цілісності облицювання БВ.
2. «Пізнє підживлення» здійснюється з метою пом'якшення наслідків аварії після виходу розплаву за межі БВ, тобто після початку взаємодії розплаву з бетоном.

Для ліквідації важких аварій в басейні витримки пропонуються наступні стратегії:

- зниження викиду в навколишнє середовище.
- охолодження палива в басейні витримки.
- впорскування в центральний зал.
- управління концентрацією водню в центральному залі.
- локалізація систем герметичних огорожень і центрального залу.
- скидання середовища з центрального залу.

Для виконання керівництва управління важкими аваріями (КУВА) на АЕС встановлюється обладнання, засоби зв'язку, контролю та діагностики, необхідні для отримання оперативним персоналом повної і достовірної інформації для ефективного управління в роботі обладнанням енергоблоку.

Тільки після проведення ряду заходів, пов'язаних з установкою в центральному залі додаткових технічних засобів (наприклад, розпилювальних пристроїв), можливо говорити про успішність реалізації протиаварійних стратегій в центральному залі з управління воднем, зниження параметрів середовища, обмеження виходу радіоактивних продуктів поділу в навколишнє середовище [1].

Перелік посилань:

1. Аналитическое обоснование стратегий РУТА для остановленного реактора и БВиП энергоблока №1 РАЭС, 2015.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-91мп Філонюк Д.А.
Асист. Гуменюк Д.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИХОДУ РЕАКТОРНОЇ УСТАНОВКИ НА ПОВТОРНУ КРИТИЧНІСТЬ ВНАСЛІДОК ПІДЖИВЛЕННЯ ПАРОГЕНЕРАТОРУ ВІД МНУ В УМОВАХ ПОВНОГО ЗНЕСТРУМЛЕННЯ

Станом на сьогоднішній день запроектна аварія з тривалим повним знеструмленням площадки АЕС і втратою функції відведення тепла до кінцевого поглинача за результатами цільової переоцінки безпеки (стрес-тестів) [1] визнана аварією з найбільш важкими наслідками.

Саме тому оптимальне приведення РУ в безпечний кінцевий стан [2] вимагає проведення аналізу для визначення відповідних характерних ознак, безпечних кінцевих станів, вибору оптимальних дій і стратегій їх досягнення в умовах повного знеструмлення з використанням позапроектного обладнання для підживлення парогенератору.

Основними цілями підживлення парогенератору в умовах повного знеструмлення з використанням поза проектного є [3]:

- Організація тепловідведення енергії від першого контуру;
- Запобігання виникненню наведених температурних відмов теплообмінних трубок ПГ;
- Утримання продуктів поділу, які потрапляють в парогенератори через нещільності в трубчатці.

Забезпечення підживлення парогенератору дозволить відновити / підтримати тепловідвід від першого контуру РУ і, отже, від активної зони реактора. Наявність теплоносія другого контуру є умовою, що визначає характер її наслідків. Наявність води в парогенератору впливає на динаміку спустошення і розігріву першої контури. Тому відновлення тепловідведення по другому контуру може мати позитивний вплив. Це означає, що в першому контурі буде рідкий теплоносій. Тому процедура підживлення повинна здійснюватися спільно декомпресією та підживленням першої контури.

Метою роботи є дослідження можливості виходу РУ на повторну критичність внаслідок підживлення ПГ від МНУ в умовах повного знеструмлення.

Для цього потрібно послідовно виконати наступні етапи [4]:

1. Аналіз протікання подій під час повного знеструмлення.
2. Аналіз способу підживлення ПГ від МНУ.
3. Аналіз зміни основних параметрів РУ під час відводу тепла під час повного знеструмлення.
4. Аналіз виходу реакторної установки на повторну критичність.
5. Визначення можливості виходу реакторної установки на повторну критичність внаслідок підживлення парогенератору від МНУ в умовах повного знеструмлення.

Перелік посилань:

1. ЕР19/2018.100.ОД.1 Аналітичне обґрунтування (підтвердження) ефективності використання непроектного обладнання пілотного енергоблоку.
2. НП 306.2.141-2008. Загальні положення забезпечення безпеки атомних станцій. Затверджено ДКЯР України, 2008.
3. Правила ядерної безпеки реакторних установок атомних станцій з реакторами з водою під тиском. НП 306.2.145-2008.
4. 1.ГТ.7914.ПЦ-19 Карта першочергових дій НЗС АЕС при використанні протиаварійної мобільної техніки.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МОДЕРНІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ НА ЕНЕРГОБЛОКАХ РАЕС

Аналіз ефективності роботи модернізованої системи радіаційного контролю на енергоблоках РАЕС та спец корпусах проводиться з метою визначення отриманої експозиційної дози, що отримав персонал під час перебування в зоні суворого режиму [1]. Для забезпечення безпеки персоналу, населення та навколишнього середовища від опромінення радіацією організовано постійний контроль газо-аерозольних викидів у вентиляційну трубу. Для захисту експлуатаційного персоналу введено розділення приміщень суворого режиму на три рівні: постійного перебування персоналу, періодично обслуговуючого і не обслуговуючого.

З метою покращення експлуатаційних характеристик системи радіаційного контролю було проведено модернізацію морально і фізично застарілого обладнання для вимірювання потужності експозиційної дози шляхом встановлення новітніх датчиків [2]. Також було створено засоби сигналізації в приміщеннях: блочного і резервного щитів управління, в сховищі свіжого палива та контролю активності мережевої води. Встановлене сучасне обладнання дозволяє регулярно проводити моніторинг величини отриманої дози по всій площині тіла під час експлуатації та проведення ремонтних робіт на енергоблоці станції. Модернізована система радіаційного контролю передбачає оцінку та архівування даних показників опромінення.

В якості обладнання використовують елементи верхнього рівня СРК: пристрої збору, обробки, відображення та передачі інформації та панелей сигналізації, низки вимірювальних каналів параметрів. Також використовують радіометри ExitScan-2С які призначені для вимірювання забруднених поверхонь альфа- та бета-активними речовинами.

Решта систем і блоків були інтегровані в сучасну автоматизовану систему виробництва АСРК "Вулкан-РК".

Постійне вдосконалення таких систем сприяє підвищенню рівня безпеки енергоблоків АЕС України. Проте необхідно проводити подальші дослідження щодо підвищення точності вимірювання та ефективності роботи системи в складі автоматизованого комплексу управління технологічними процесами на енергоблоці.

Перелік посилань:

1. Електронне джерело 1 <https://www.rnpp.rv.ua/bezopasnaya-ekspluatatsiya-oborudovaniya-i-sistemyi-radiaczionnogo-kontrolya-raes-prioritet-v-rabote-predpriyatiya.html>
2. Електронне джерело 2 <https://www.rnpp.rv.ua/rivnenska-aes-vprovadzhu%D1%94-suchasne-obladnannya-radiaczijnogo-kontrolyu.html>

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-62 Букатий В.А.
Доц., к.т.н. Рогачов В.А.

ТЕХНОЛОГІЇ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДПРАЦЬОВАНИМ ЯДЕРНИМ ПАЛИВОМ НА БЛОКАХ ЮУАЕС

На сьогоднішній день у зв'язку з використанням другого та третього енергоблоку ЮУАЕС палива «Вестінгауз» виникає необхідність дослідження технології поводження з ним після його відпрацювання [1]. В даній роботі представлена та описана послідовність основних операцій та дій, що вживаються при загрузці, переміщенні та транспортуванню відпрацьованого ядерного палива.

Метою роботи є дослідження основних дій щодо підготовки до зберігання контейнера з відпрацьованим ядерним паливом на енергоблоках ЮУАЕС та транспортування його до Центрального сховища відпрацьованого ядерного палива (ЦСВЯП) [2].

ЦСВЯП – це автономна ядерна установа, призначена для тривалого зберігання відпрацьованого ядерного палива з діючих енергоблоків РАЕС, ХАЕС та ЮУАЕС. Для зберігання відпрацьованого ядерного палива використовуватиметься технологія поверхневого «сухого» зберігання із застосуванням двобар'єрної системи ізоляції палива від навколишнього середовища, що забезпечується обладнанням спеціально спроектованих інженерних систем контейнерного типу.

Для дослідження поведінки та дій з відпрацьованим ядерним паливом для безпечного його переміщення на майданчик ЦСВЯП було розглянуто та описано три основні напрямки, що охоплює технологія поводження з відпрацьованим ядерним паливом [3]:

- Завантаження відпрацьованих тепловиділяючих збірок у багатоцільові контейнери;
- Транспортування багатоцільових контейнерів з відпрацьованим ядерним паливом до ЦСВЯП у спеціальному контейнері HI-STAR для транспортування;
- Розміщення багатоцільових контейнерів з відпрацьованим ядерним паливом у захисні вентилявані оболонки (контейнери) HI-STORM та зберігання їх на території ЦСВЯП.

Перелік посилань:

1. Предварительный отчет по анализу безопасности ЦХОЯТ. Гл. 1 : Общие сведения : ГС-07/15–10-02. Ред. 1. К. : Гос. научн. инж. центр систем контроля и аварийного реагирования, 2016.
2. Закон України. Про поводження з відпрацьованим ядерним паливом щодо розміщення, проектування та будівництва централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива реакторів типу ВВЕР вітчизняних атомних електростанцій. 9 лютого 2012 року № 4384-VI
3. Офіційний сайт Южно-Українського енергокомплексу (ВП «Южно-Українська АЕ»). *sunpp.mk.ua*.

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-61 Іванова М.В.

Асист., к.ф.-м.н. Гашимов А.М.

ВПРОВАДЖЕННЯ СТРАТЕГІЇ РУТА В ПРОТИАВАРІЙНУ ДІЯЛЬНІСТЬ АЕС

В практиці експлуатації АЕС відбувались важкі аварії зі значними ушкодженнями активної зони, які призвели до викидів радіоактивних відходів в атмосферу і мають наслідки, як з екологічної точки зору, так і з економічної.

Такий досвід став передумовою до створення аварійних стратегій на випадок важких аварій, які спрямовані на запобігання і зменшення наслідків важких аварій. Проблема створення таких стратегій вирішена в рамках впровадження на енергоблоках АЕС комплектів РУТА, які призначені для керування важкої аварії як на реакторній установці, так і на басейні витримки [1].

Для виконання технічного та аналітичного обґрунтування РУТА розроблено перелік вихідних подій важких аварій для визначення обмеженої групи аварійних станів, що охоплюють деякий спектр можливих шляхів протікань важких аварій.

При розробці РУТА для кожного енергоблоку розробляється пакет документів:

- Аналітичне обґрунтування стратегій РУТА.
- Технічне обґрунтування стратегій РУТА.
- РУТА для «потужності».
- РУТА для стану «зупину».

В керуванні важкими аваріями приймають участь дві основні групи персоналу: персонал БЩУ і група інженерної підтримки.

Визначено склад комплекту РУТА:

- Діагностична блок-схема.
- Дерево серйозних загроз.
- Керівництво по керуванню важкими аваріями (для персоналу БЩУ).
- Керівництво діагностичної блок-схеми (для ГИП).
- Керівництво дерева серйозних загроз (для ГИП).
- Керівництво по діям довгострокового контролю (для ГИП).

При проведенні спільного загально станційного протиаварійного тренування була визначена готовність персоналу і засобів аварійного реагування АЕС в локалізації та ліквідації важких аварій в екстремальних умовах [2]. Невизначеною залишається можливість виконання стратегій РУТА в приміщеннях та на майданчику АЕС по радіаційному фактору з урахуванням часу необхідного персоналу для виконання протиаварійних дій поза межами захищених сховищ.

Перелік посилань:

1. Отчет по периодической переоценке безопасности энергоблок ЗАЭС-1.- 2018.-с7-285.
2. Агафонов Д. НАЕК Энергоатом//культура безпеки.- 2019.-с102-156

УДК 621.039.5

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-61 Капінос Н.О.
Асист. Гашимов А.М.

АНАЛІЗ ДОСТАТНОСТІ РЕАЛЬНИХ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АКЗ ВВЕР-1000 ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ПЕРЕХОДУ У ВАЖКУ АВАРІЮ

Мета: Підтвердити або спростувати достатність теплофізичних параметрів АКЗ для визначення початку часу переходу у ВА [1, 2].

Рішення:

- Привести перелік всіх теплофізичних параметрів, які вимірюються датчиками безпосередньо в АКЗ.

- Провести дослідження залежностей, даних параметрів і їх впливу на процеси: іонного випромінювання, тепло- і енерговиділення.

- Дослідити «поведінку» уранового палива в разі планового зупинки реактора, пуску блоку, і в аварійній ситуації.

- По можливості доповнити або структурувати список даних параметрів виходячи з дослідження.

Далі мною були проведені дослідження динаміки зміни наступних параметрів:

1) Температура на виході з активної зони;

2) Перегрів теплоносія;

3) Температура в активній зоні.

Для наступних станів РУ та вихідних подій аварії були проведені:

- Аналіз для аварій з низьким тиском з великою течєю теплоносія першого контуру.

- Аналіз для ІС протекаючихпрі високому тиску, знеструмлення без течі теплоносія.

Перелік посилань:

1. РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО АНАЛІЗУ АВАРІЙ З РЕАКТОРОМ ТИПУ ВВЕР: Міжнародне Агенство з Атомної Енергетики, червень 1998 рік. URL: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/30/011/30011316.pdf

2. RNPP 12.06.2018: «ЗВІТ ПО ПЕРЕОДИЧНІЙ ОЦІНЦІ БЕЗПЕКИ» стр. 124-167. URL: https://www.rnpp.rv.ua/assets/DocSite/deyatelnost/info/2018-06-13-1558_%D0%9A%D0%90%D0%91_%D1%81%D0%BE%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%93%D0%98%D0%AF%D0%A0%D0%A3.pdf

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-61 Ковч Т.Д.
Асист., к.ф.-м.н. Овдієнко Ю.М.

ФІЗИЧНИЙ ЗАХИСТ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ РАДІОАКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ

Оборот ядерних матеріалів повинен чітко регламентуватися через небезпечність атомного виробництва, шляхом приймання міжнародних документів правового регулювання атомного виробництва. Одною з особливостей є транспортування і фізичний захист ядерних матеріалів [1].

Перевезення радіоактивних речовин є операцією найбільш вразливою для ворожих дій або спроб таких дій, то необхідність забезпечення таких операцій фізичним захистом була задумана давно. Правила з безпечного перевезення радіоактивних речовин мають забезпечувати захист від радіологічного шкоди, яка може виникнути при серйозних аварійних умовах. Вони не призначені для фізичного захисту, який полягає в заходах безпеки, призначених для захисту від навмисних актів, таких як розкрадання, саботаж або незаконне вилучення та використання радіоактивних речовин.

Для зменшення можливості несанкціонованого вилучення або навмисного пошкодження ядерних матеріалів під час перевезення особливу увагу звертається на такі заходи, як [2]:

- скорочення загального часу перебування в дорозі ядерного матеріалу;
- скорочення кількості та строків передачі ядерного матеріалу;
- відмова від використання регулярних графіків руху;
- вимога попередньої перевірки благонадійності всіх осіб, що беруть участь в транспортних операціях.

Для міжнародних перевезень рекомендується попередній висновок угод між державами щодо забезпечення безперервності заходів фізичного захисту, відповідних кожній конкретній перевезення на території даної країни.

Хоча фізичний захист є перш за все питанням внутрішньої юрисдикції держави, існують питання, які потребують об'єднаних дій на міжнародному рівні, особливо в відношенні, як зазначалося вище, міжнародних перевезень ядерних матеріалів. У Відні була прийнята Конвенція про фізичний захист ядерних матеріалів. Конвенція насамперед стосується питань фізичного захисту ядерних матеріалів під час міжнародних перевезень, хоча деякі її положення стосуються питань використання, зберігання і перевезення ядерних матеріалів всередині окремих країн. Паралельно з триваючими зусиллями щодо подальшого поліпшення безпеки перевезення радіоактивних речовин, слід вживати заходів, спрямовані на забезпечення прийняття і введення в дію як на національних, так і на міжнародному рівнях єдиних норм з фізичного захисту ядерних матеріалів при перевезенні. Рекомендації Агентства разом з його консультативною діяльністю, багатостороннє співробітництво і механізм надання допомоги, що передбачається Конвенцією, є корисними доповненнями один одного в справі забезпечення безпеки ядерних перевезень.

Перелік посилань:

1. Шкурина Ю. В. Транспортировка и физическая защита ядерных материалов / Ю. В. Шкурина. // Вестник Уральского института экономики, управления и права. – 2017. – №2. – С. 83–89.

2. Физическая защита радиоактивных веществ при перевозке. // БЮЛЛЕТЕНЬ МАГАТЭ,. – 1985. – С. 24–27.

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-61 Красиков В.В.
Доц., к.т.н. Баранюк О.В.

CFD-МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ І ТЕПЛООБМІНУ В ТВЗ РЕАКТОРУ ВВЕР-1000

На сьогоднішній день інженерні розрахунки при обґрунтуванні теплотехнічної надійності тепловиділяючих збірок (ТВЗ) реакторів здійснюються за кодами по каналного моделювання та тривимірним CFD кодами. У кодах по каналного моделювання осередку проточної частини ТВЗ представляються у вигляді системи паралельних каналів, для кожного з яких записуються рівняння збереження маси, кількості руху та енергії теплоносія в одновимірному наближенні з урахуванням обміну з сусідніми комірками і поверхнею твелів. Для замикання таких моделей потрібні додаткові емпіричні кореляції для коефіцієнтів обміну: турбулентного перемішування, опору в поздовжньому і поперечному напрямках і теплообміну з твелями, що потребує не тільки ґрунтовних знань з фізики реактора, а і програмування. CFD коди базуються на рішенні усереднених рівнянь Нав'є-Стокса у формі Рейнольдса (RANS), засобами є заздалегідь написаних досвідченими програмістами програмних кодів. Тому знання фізики процесу і методики роботи з такими програмами кодами дозволяє їх користувачу вирішувати складні інженерні задачі [1].

В даній роботі представлено результат розрахунку теплообміну і гідродинамічного опору каналу тепловиділяючої збірки реактору типу ВВЕР, що побудована на основі первинних даних, що отримані за допомогою CFD-моделювання. Для верифікації результатів обчислювального експерименту виконаний теплогідравлічний розрахунок [2].

Визначити особливості течії і теплообміну в повній конструкції ТВЗ наявними ресурсами персонального комп'ютера не є можливим. Тому в представленій роботі звужено розрахункову область до 19-ти ТВЕЛів, розміщених поблизу центральної трубки. Результат розподілу теплових потоків на стінках ТВЕЛ і розподіл температур теплоносія в ТВЗ представлено на рис. 1.

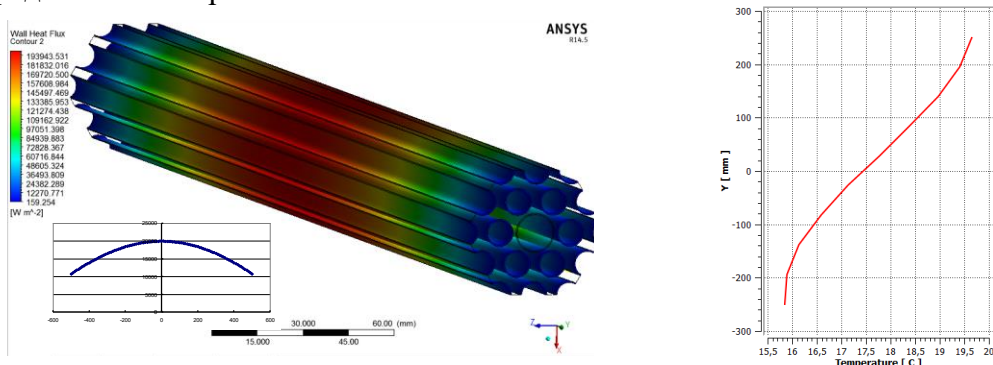


Рис. 1. Розподіл теплових потоків на стінках ТВЕЛ і температур теплоносія в ТВЗ

Приведені дані моделювання, узгоджуються з аналітичним розрахунком і свідчать про правомірність використання тривимірних CFD кодів в атомній енергетиці.

Перелік посилань:

1. „CFD-моделювання процесів теплообміну і гідродинаміки в каналах реактору типу ВВЕР”. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни „Системи автоматизованого проектування в енергетичних установках”/Уклад.: Баранюк О.В. – К.: „НТУУ КПІ”, 2013. – 26 с.

2. Деменьтьев Б.А. Конспект лекцій по курсу конструкции и тепловой расчет ядерных реакторов / Б.А. Деменьтьев. – М.: Издательство МЭИ, 1975. – 139 с.

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-61 Лазарєв Є.С.
Доц., к.т.н. Новаківський Є.В.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕПЛООБМІНУ В ПАРОГЕНЕРАТОРАХ АЕС

В процесі експлуатації парогенераторів (ПГ) АЕС виникає проблема деградації їх трубок. З часом потужність ПГ зменшується, а встановлювати нові парогенератори досить коштовно. Тому однією з проблем є збереження теплової потужності за рахунок збільшення коефіцієнтів тепловіддачі зі сторони теплоносія першого контуру.

Інтенсифікація теплообміну в парогенераторі можлива декількома методами. Так як коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія до стінок труб в парогенераторі в середньому в 1,5-2 рази менше, ніж коефіцієнт тепловіддачі від стінок до робочого тіла, то оптимальним рішенням буде інтенсифікувати теплообмін між теплоносієм і стінками трубок парогенератора [1]. Тому можливими методами інтенсифікації можуть бути:

1. Встановлення періодичних кільцевих накаток або виступів різної форми (зазвичай конічної) з метою турбулізувати пристінний шар в трубах, тим самим збільшити коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія до стінок труб.[1]
2. Встановлення витих труб. Закрутка потоку за рахунок наявності інтенсивних вторинних течій в трубах і в міжтрубному просторі сприяє значному підвищенню коефіцієнтів тепловіддачі з обох сторін і збільшенню тим самим теплової ефективності парогенератора. [2]
3. Використання пористих або шорстких поверхонь. Мікровиступи є свого роду турбулізаторами потоку. Також нанесення пористих або шорстких поверхонь дозволяє збільшити площу теплообміну між теплоносієм і трубками.[3]
4. Встановлення періодичних виступів для турбулізації та збурення потоку.

Таблиця 1 Методи інтенсифікації

Назва метода	Метод кільцевих накаток	Встановлення витих труб	Використання шорстких поверхонь	Використання періодичних виступів
Збільшення коефіцієнта тепловіддачі, %	30-34	20-25	10-12	15-20

Перші три методи відносяться до руйнівних і їх потрібно застосовувати при проектуванні ПГ. Останній можливо застосувати для подовження терміну служби парогенераторів, що вже експлуатувалися. Після застосування одного з наведених методів інтенсифікації теплообміну очікується збільшення коефіцієнтів тепловіддачі, теплового потоку від теплоносія до робочого тіла і паропродуктивності. При використанні будь-якого з наведених методів збільшуються гідравлічні втрати, тому витрати на прокачування теплоносія збільшаться.

Перелік посилань:

1. Кішкін А.А., Красв М.В., Зуєв А.А. Интенсификация теплообмена. Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. Академика М.Ф. Решетнева №3, 2005 г. 130-134 с.
2. Кунтиш В.Б., Сухоцький А.Б. Тепловая эффективность вихревой интенсификации теплоотдачи газового. Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2015, №4
3. Гортышов Ю.Ф., Попов И.А., Зубков Н.Н., Каськов С.И., Щелчков А.В. Кипение воды на микроструктурированных поверхностях. Труды Академэнерго, 2012, №1

УДК 621.039.1

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-62 Маляр І.В.
Доц., к.т.н. Рогачов В.А.

ВПРОВАДЖЕННЯ ЯДЕРНОГО ПАЛИВА ВИРОБНИЦТВА КОМПАНІЇ "WESTINGHOUSE"

«Енергоатом» - єдина в світі компанія, якій вдалося реалізувати проект з диверсифікації ядерного палива для реакторів радянського зразка типу ВВЕР-1000. На сьогодні, ядерне паливо виробництва Westinghouse експлуатується на енергоблоках №2, №3 ЮУАЕС та №1, №3, №4, №5 Запорізької АЕС [1,2].

Конкурентні переваги паливних збірок Westinghouse - при розгерметизації окремих паливних елементів американського виробництва їх можна замінити та повернути паливну касету в експлуатацію, тоді як російські збірки в таких ситуаціях стають непридатними для подальшого використання. Саме завдяки паливу Westinghouse та виконанню низки заходів з підвищення ефективності енергоблоків українських АЕС, їхня потужність може бути збільшена до 105-110% [3].

Касета, відпрацювавши цикл, не втратила своєї геометрії, щільності, конфігурації. Повний термін роботи касети – чотири роки. Але контрольні перевірки набагато ширші. Окрім касет, які обов'язково перевіряються чотири роки поспіль, є й такі касети, які відпрацювали рік, два і три. Вони вибірково дістаються і також перевіряються на стенді. Інспекція проводиться щороку [1].

Представники Запорізької атомної електростанції (ЗАЕС) і компанії Westinghouse встановили на станції програмний комплекс BEACON TSM, призначений для нейтроннофізичних розрахунків параметрів активної зони реактора, що експлуатує паливо двох виробників [3].

Нова модель ТВЗ отримала назву Robust Westinghouse Fuel Assembly (RWFA). Були проведені всі необхідні механічні та тепло-гідрравлічні випробування. Дане паливо було завантажено в активну зону 3-го блоку ЮАЕС 3 березня 2015 р. Це було перше завантаження після інциденту у 2012 році.

При цьому підвищення потужності енергоблоку неможливо без масштабної модернізації «турбінного острова» в цілому, і його електричної частини, зокрема. Модернізація генератора є важливою складовою цієї роботи.

Активна зона енергоблоку № 5 ЗАЕС була повністю завантажена паливом Westinghouse. Ще три блоки ЗАЕС - перший, третій і четвертий - мають зараз змішані завантаження. До переваг цього палива відносять відсутність проектних обмежень щодо циклів зміни потужності. Тобто, таке паливо більш гнучке для використання в маневрових режимах. На блоках з паливом Westinghouse планується впроваджувати підвищення рівня потужності на 1,5% [2].

Перелік посилань:

1. <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/2751631-energoatom-zavdaki-palivuwestinghouse-pidvisit-potuznist-blokiv-na-510.html>
2. <https://expro.com.ua/novini/energoatom-vpershe-otrimav-licenzuyu-na-promislovuekspluatacyu-paliva-westinghouse>
3. <https://www.radiosvoboda.org/a/26770294.html>

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-61 Муштук П.М.
Асист. Федоров Д.О.

МАТЕРІАЛИ ОБОЛОНОК ТВЗ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЯДЕРНИХ РЕАКТОРІВ IV ПОКОЛІННЯ

Протягом більше двадцяти років Міжнародний форум "Generation IV" очолює міжнародні зусилля з розробки ядерних енергетичних систем нового покоління [1]. З визначених перспективних проектів обрано шість які з точки зору техніко-економічних аспектів стануть базовими потужностями у майбутніх енергетичних мережах світу Один з багатообіцяючих є проект легководного ядерного реактора на надкритичних параметрах теплоносія

Еволюційний шлях розвитку ВВЕР, як новий науково-технічний напрям також включає розробку корпусного водоохолоджуваного реактора на надкритичних параметрах - ВВЕР СКД. Він одночасно базується на конструкторських розробках, технології та позитивному досвіді експлуатації ВВЕР, та на багаторічній роботі теплоенергетики з турбогенераторами на надкритичних параметрах пари. В якості перспективного варіанту розглядається одноконтурна схема з подачею пару з реактора на турбіну з проміжним перегрівом пари [2]. У цьому випадку, крім досягнення порівняно високого ККД суттєво знижуються капітальні витрати, так як скорочується число одиниць обладнання та зменшуються розміри захисної оболонки.

Важливим теплотехнічним елементом, що визначає характеристики і безпеку реактора, є ТВЗ. У якості матеріалів розглядаються ферритно-мартенситні сталі та нержавіючі сталі аустенітного класу [3]. Аустенітні сталі мають гарну пластичність і технологічність. Однак мають високий коефіцієнт лінійного розширення і низьку теплопровідність. Феритні хромисті безнікелеві сталі менш пластичні, ніж аустенітні. Поступаються аустенітній сталі по міцності при температурах понад 600 °С. Пропонується розглядати сталь 12X11В2МФ, яка володіє більш прийнятними властивостями міцності при високій температурі. Вона технологічна при зварюванні, згинанні і штампуванні. У одноконтурній установці радіаційна безпека додатково визначається наявністю продуктів корозії. Корозійні втрати у аустенітних сталей типу 08X18Н10Т нижче, ніж у хромистих безнікелевих сталей. При температурі 550 і 700 °С корозійні втрати сталі 12X18Н10Т за період протягом 100 тисяч годин становлять 0,02 і 0,160 мм. Цей показник для 12X11В2МФ в 2-3 рази вище. Отже для ВВЕР СКД аустенітні сталі мають перевагу.

Оболонки твелів будуть експлуатуватися під впливом високих термонапружень, в середовищі надкритичного тиску і радіаційного випромінювання. Кожен з цих факторів вивчений. Разом з тим, ефект сукупного впливу усіх ефектів повинен бути досліджений окремо. За кордоном на дослідницькому реакторі LVR-15 (Чехія) створена спеціальна установка для випробувань кандидатних сталей [4]. Реакторні випробовування підтвердили доцільність вибору одноконтурної компоновки і працездатність ТВЗ з запропонованим матеріалом.

Перелік посилань:

1. Generation IV Systems: https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_59461/generation-iv-systems
2. Ядерные реакторы с водой сверхкритического давления. В.И. Деев, г. Москва, 2015. 8-10с.
3. В.М. Махин, И.Н. Васильченко, Условия эксплуатации ТВЭЛов и кандидатные материалы: ОКБ "ГИДРОПРЕСС", г. Подольск, 2011. 3-5с.

SCWR - Fuel Qualification Test: <https://cordis.europa.eu/project/id/269908/reporting>

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-61 Паламарчук М.М.
Асист. Алексеїк О.С.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОХОЛОДЖЕННЯ БАСЕЙНУ ВИТРИМКИ ПРИ ЗАМІНІ НЕУЩІЛЬНЕНИХ СТЕЛАЖІВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА НА УЩІЛЬНЕНІ

Зберігання відпрацьованого ядерного палива є одним із завершальних етапів паливного циклу АЕС. Після вивантаження з активної зони опромінене ядерне паливо поміщається в басейни витримки (БВ) для зняття залишкового тепловиділення і зменшення радіоактивності. БВ - це залізобетонна конструкція облицьована нержавіючою сталлю, розташована в центральному залі реакторного блоку в безпосередній близькості від реактора, заповнена водою з розчищеною в ній борною кислотою з концентрацією 16 г/л. Спочатку підкритичність в басейнах витримки АЕС з реакторами ВВЕР-1000 забезпечувалася за рахунок вибору такого кроку розміщення відпрацьованих тепловіділяючих збірок (ВТВЗ) в стелажах БВ, при якому для палива з початковим збагаченням 4,4% виконувалося б вимога $K_{\text{ефф}} < 0,95$. ТВЗ реакторів ВВЕР-1000 в цьому випадку розміщувалися в осередках стелажів басейнів по трикутній решітці з кроком 40 см (неущільнені стелажі). Даний спосіб розміщення ВТВЗ характеризується місткістю басейнів, що дозволяє витримувати ВТВЗ протягом трьох – п'яти років.

При переході на АЕС з реакторами ВВЕР до нового палива з підвищеними початковим збагаченням потрібна модернізація конструкції басейнів з метою продовження часу витримки таких ВТВЗ, принаймні до 10 років. Для цього було розроблено стелажі ущільненого зберігання палива [1].

В Україні розроблені і встановлені стелажі з ущільненим кроком розташування відпрацьованих ТВЗ в чохлах у вигляді шестигранних труб з нержавіючої сталі АТАВОР WS 1.4306 BOR0-01, що містить 1,5% бору. Дистанціювання шестигранних борованих труб здійснюється по формі трикутної решітки з кроком 30 см. Це дає змогу збільшити місткість БВ практично в 2 рази в порівнянні з не ущільненим басейном, розміщувати відпрацьовані збірки з початковим збагаченням палива до 5% і підвищити ядерну безпеку в умовах нормальної експлуатації та при проектних аваріях, включаючи аварії зі зниженням і перерозподілом щільності води [2].

Перелік посилань:

1. Брылева В.А., Войтецкая Е.Ф., Нарейко Л.М., Совершенствование средств обращения топлива реакторов ВВЭР. *Информационный бюллетен*. 2011. №8. С. 1-4. URL: 2. http://sosny.bas-net.by/wp-content/uploads/2012/09/bul_2011_8.pdf
2. Поболь И.Л. Применение электронно-лучевых технологий – этап решения проблемы обращения с отработавшим ядерным топливом, *Машиноведение и машиностроение*. 2014. №3. С. 35-38. URL: http://elib.psu.by:8080/bitstream/123456789/2233/1/Pobol%27_2014-3-p35.pdf

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-62 Петрівський Р.І.
Доц., к.т.н. Коньшин В.І.

НОВІТНІ СИСТЕМИ ВІДВОДУ ТЕПЛОТИ

Аварії на АЕС відрізняються від аварій на звичайних станціях тим, що вони можуть привести до викиду в навколишнє середовище значної кількості радіоактивних речовин, викид яких має дуже серйозні наслідки [1]. Тому безпека [2] є надзвичайно важливою для роботи АЕС. Потрібно досягнути максимально можливої надійності АЕС, а відповідно, ймовірність аварії – мінімальним [3].

Однією з причин, що може призвести до важкої аварії є повне тривале знеструмлення. Звичайно, активна зона реактора занурена у воду. Але якщо потік охолоджувальної води припиниться (насоси не працюватимуть без електроенергії), то вода, яка вже надійшла до активної зони, нагріється і випарується, оголивши активну зону. Температура всередині реактора підніметься, і цирконієві оболонки тепловідляючих елементів розплавляться [4]. Незабаром уранове паливо розплавиться теж і активна зона перетвориться на розтоплену радіоактивну масу металу та палива. Одним з напрямків вирішення цієї проблеми є використання систем відводу залишкової теплоти від реактору в цих умовах. В умовах тривалого знеструмлення та виходу зі строю додаткових джерел електропостачання великої актуальності набувають саме системи пасивного відводу теплоти від реакторної установки, функціонування яких здійснюється незалежно від дій персоналу і працездатності активних систем захисту. Пасивні системи базуються на фізичних процесах, таких як гравітація, природня конвекція та інші. Конструкції гермооболонки, водяних басейнів та гідроємностей забезпечують відведення залишкової теплоти.

Для відводу залишкових тепловиділень в аваріях з втратою всіх джерел електропостачання змінного струму в проекті передбачена система пасивного відводу теплоти (СПВТ) [5], яка дозволяє необмежено довго відводити залишкове тепло без пошкодження активної зони реактора. За допомогою додаткової системи заливання активної зони є можливість тривалого відводу залишкових тепловиділень активної зони і її розхолодження при течах з першого контуру в умовах повного знеструмлення блоку АЕС. Для підвищення безпеки можна впровадити додаткові пасивні системи тепловідводу на додачу до вже існуючих: на основі ізольованого пасивного конденсатору, системи FIVES та систем теплообмінників на базі термосифону або іншої концепції.

Перелік посилань:

1. Мальшев А.Б. Решение проблем безопасности АЭС с ВВЭР и прогнозы на начало века / А.Б Мальшев // Научно-техническая конференция «От первой в мире АЭС к энергетике 21 века». Ядерное общество РФ. – Обнинск, 2000.
2. Самойлов О.Б. Безопасность энергетических установок. / О.Б. Самойлов, Г.Б. Усынин, А.М. Бахматъев. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
3. <https://leg.co.ua/arhiv/generaciya/reaktornye-ustanovki-vver-dlya-aes-57.html>
4. https://otherreferats.allbest.ru/physics/00555870_1.html
5. https://atom.org.ua/?page_id=290

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-61 Пилюк П.А.
Асист., к.ф.-м.н. Овдієнко Ю.М.

МОДЕЛЮВАННЯ ВАЖКИХ АВАРІЙ В БАСЕЙНІ ВИТРИМКИ ВІДПРАЦЬОВАНОВОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА АЕС

Забезпечення безпеки зберігання ядерного палива є важливим завданням при проектуванні, будівництві та експлуатації АЕС. Аналіз аварії на АЕС «Фукусіма» показав [1-2], що при розгляді можливих сценаріїв розвитку аварії необхідний аналіз навіть малоймовірних сценаріїв, в тому числі з тривалим повним знеструмленням. У разі тривалого знеструмлення АЕС з відмовою на запуск резервних дизель-генераторів можливий перехід аварії в важку стадію, як в реакторної установки, так і в басейні витримки.

В ході важкої аварії з втратою охолодження басейну витримки відпрацьованого палива на АЕС з реактором ВВЕР-1000 може виділитися значна кількість водню в результаті хімічних реакцій окислення цирконію і сталі в газовому середовищі, що складається з водяної пари, кисню та азоту. Водневмісна парогазова суміш, що утворюється в ході аварії – вибухонебезпечна, може загрожувати цілісності герметичної оболонки. Крім того, нагрів тепловиділяючих збірок в басейні витримки може привести до їх руйнування, плавлення і виходу радіоактивних продуктів поділу в атмосферу герметичної оболонки і в разі втрати його герметичності, в навколишнє середовище.

В загальному випадку аварію з втратою охолодження басейну витримки можна розділити на чотири характерні фази:

- нагрів води басейну витримки до температури кипіння;
- поступове падіння рівня води до верху обігривається частини ТВЗ;
- важкоаварійна фаза з нагріванням ТВЗ, їх окисленням і виділенням водню, руйнуванням і переміщенням компонентів ТВЗ на днище басейну витримки;
- взаємодія коріуму з бетоном, розкладання бетону і виділення водню.

Розрахунково отримати часи характерних подій при аварії (кипіння води, нагрівання палива, проплавлення бетонної основи і ін.), а також дані про осушення БВ, розігріві і деградації палива, дані про кількість водню, що виділився в результаті окислення цирконію і сталі, тимчасові залежності температури і тиску парогазової атмосфери всередині захисної оболонки.

Мета даної роботи – провести комплексну розрахункову оцінку важкої аварії в басейні витримки – від вихідної події до проплавлення бетонного днища басейну витримки з урахування зміни параметрів атмосфери захисної оболонки в ході протікання аварії. Проаналізувати вихідні дані для подальшої модернізації, надійної та безпечної експлуатації басейну витримки.

Перелік посилань:

1. Report of Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety. The Accident at TEPCO's Fukushima Nuclear Power Stations. Nuclear Emergency Response Headquarters. Government of Japan. June 2011.
2. Fukasawa M. Overview of Fukushima-Accident Analysis. — Proc. 2012 SARNET International Meeting (SARNET 2012), Cologne, Germany, March 21-23, 2012.

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-61 Розвазкий Я.В.
Асист. Федоров Д.О.

ІСНУЮЧІ РІШЕННЯ СТІЙКОГО ДО АВАРІЙ ПАЛИВА ДЛЯ ЛЕГКОВОДНИХ РЕАКТОРІВ

Розробка нових видів палива, стійких до важких аварій (АТФ) без зниження їх експлуатаційних якостей - це вимога атомної енергетики сьогодення. Новітні конструкційні матеріали та рішення щодо паливних елементів збігаються саме в цій ініціативі. Тепловидільні збірки (ТВЗ) за такою технологією, в порівнянні з традиційною системою $UO_2 - Zr$, здатні витримувати складні умови при важкій аварії в активній зоні реактора протягом значно довшого періоду часу.

Сучасна розробка паливної матриці до втілення у промислову експлуатацію включає в себе: пошук та випробування матеріалів, виконання нейтронного, термогідралічного і термомеханічного аналізу разом з кількісною оцінкою економічних якостей та обґрунтування безпечної роботи активної зони ядерної парогенеруючої установки на новому виді палива. З іншого боку теплотехнічні вироби на основі таких технологій повинні бути абсолютно сумісними з проектними рішеннями ТВЗ.

На даний час на різних стадіях реалізації існує декілька концепцій АТФ [1]. За принципом фізичної суті метода, їх можна розділити на три основні групи :

- обробка поверхні оболонки
- застосування нових типів паливних компонент
- поєднання методів обробки поверхні та нового типу палива

Головною метою обробки поверхні – це зменшення проникнення кисню в оболонку та сповільнення її окислення при аварійних процесах. Існує два основних шляхи розвитку. Можна зосередитися на нових матеріалах для напилення, або модифікувати вже розроблені матеріали. В світі розвивають другий підхід так як він є оптимальним рішенням у зв'язку з меншою затратою часу. Найбільш поширеною технологією покращення поточних сплавів є так зване плакуюче покриття. Нині розглядають декілька варіантів матеріалів для обробки поверхонь. В якості кандидатів були обрані: Fe-Cr-Al, Ti-Al-C и Ti-Si-C.

З перспективних рішень нових видів стійкого до аварій палива слід зазначити розробки лабораторій США та Франції. Серед останніх існують такі види рішень, як: $U-10Mo$, U_3Si_2 з оболонкою із цирконієвого сплаву, UO_2 з молібденовою оболонкою, UO_2 з оболонкою із цирконієвого сплаву та керамічним шаром, SiC з цирконієвою оболонкою. Перевага даного типу палива перед звичайним UO_2 полягає у вищій теплопровідності, $20 \frac{Вт}{мК}$ проти $4 \frac{Вт}{мК}$, яка відповідно на 25% вища від звичайного палива, вищій температурі плавлення $2500^\circ C$, більшій щільності палива, збільшеній тривалості паливного циклу [2].

Результати аналізу джерел інформації вказують на успішність попередніх етапів робіт і підтверджують перевагу над звичайним паливом. Між тим, важливим аспектом також є необхідність удосконалення розрахункових процедур важкоаварійних інтегральних кодів для подальшого вивчення питання використання АТФ палива у активних зонах легководних реакторах попереднього покоління.

Перелік посилань:

1. Ing. Martin Ševček Limiting Characteristics of the New Accident Tolerant Fuel Cladding Concepts. 2016.
2. Gilles Youinou , R. Sonat Sen Enhanced Accident Tolerant Fuels for LWRs – A Preliminary Systems Analysis. 2013.

УДК 621.039.5

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-61 Ситник В.О.
Доц., к.т.н. Новаківський Є.В.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕПЛООБМІНУ В ТВЗ, ПІДБІР МАТЕРІАЛІВ.

Одним з проектних обмежень реактору ВВЕР-1000 є обмеження по температурі оболонки тепло-видільного елементу(ТВЕЛ) в 360°C при цій температурі в сплаві починає змінюватися кристалічна ґратка [1]. В працюючому температура оболонок в верхній частині ТВЕЛів складає приблизно=325° С. Що не суттєво відрізняється від обмеження і при перехідних режимах температура може перевищувати проектне обмеження, для уникнення цієї ситуації необхідно інтенсифікувати теплообмін між тепло-видільною збіркою(ТВЗ) і теплоносієм першого контуру.

Одним з методів інтенсифікації теплообміну є локальне встановлення перемішувачів решіток в верхній частині ТВЕЛів, дозволить турбулізувати потік, що призведе до збільшення тепловідведення. Перемішувачі решітки мають турбулізуючі дефлектори, які розташовані таким чином, що дозволяють досягти ефекту «Закручування навколо ТВЕЛу» і «прогону поміж рядів» потоку теплоносія.

Існують і інші методи інтенсифікації теплообміну (профільовані ТВЕЛи, використання нових конструкційних матеріалів, додавання турбулізаторів на оболонку ТВЕЛів). До конструкційних матеріалів висувається ряд вимог, вони повинні мати мінімальний перетин захоплення нейтронів, мати високий коефіцієнт теплопровідності, витримувати робочі температури, а також вони повинні бути корозійно і ерозійно стійкими. Пропоную розглянути короткий перелік характеристик матеріалів в таблиці №1. Таблиця 1[2].

Назва	Переріз поглинання теплових нейтронів м ²	Густина г/см ³	Температура плавлення К	Коефіцієнт теплопровідності Вт/м*к
Берилій	$9 \cdot 10^{-31}$	1,85	1556	180
Магній	$5,9 \cdot 10^{-30}$	1,74	773	158,3
Цирконій	$1,8 \cdot 10^{-29}$	6,5	2118	23,7
Аустенітні хромо-нікелеві сталі	$2,8 \cdot 10^{-28}$	7,86	1023	74

Ця таблиця не відображає всіх аспектів що враховується при виборі конструктивних матеріалів, але дає початкове уявлення про можливість використання того чи іншого матеріалу в активній зоні(АЗ), виходячи з неї можемо зробити висновок, що цирконій і його сплави підходять для виготовлення інтенсифікаторів, що будуть використовуватися в АЗ, так як мають не надто великий переріз поглинання теплових нейтронів, високу температуру плавлення, і не велику густину.

Перелік посилань:

1. Рыжов С.Б., Никитенко М.П., Мохов В.А. Пределы и условия безопасной эксплуатации реакторных установок блоков ввэр с продленными сроками эксплуатации: ФГУП ОКБ "ГИДРОПРЕСС", г. Подольск 2000. 13с.
2. Герасимов В.В., Монахов А.С. Материалы ядерной техники: Москва, Энергоиздат 1982. 285с.

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-61 Ятченко М.О.
Доц., к.т.н. Коньшин В.І.

КЕРУВАННЯ ПОЛЕМ ЕНЕРГОВИДІЛЕННЯ ПРИ МАНЕВРУВАННІ ПОТУЖНІСТЮ

Більшість АЕС України експлуатують реакторні установки (РУ) типу водододяний енергетичний реактор електричною потужністю 1000 МВт (ВВЕР-1000), в проект яких не було закладено маневреність установки, тобто можливість працювати при зміні потужності. Це викликає ряд проблем для атомної генерації і для держави вцілому, оскільки ставить під питання перспективності АЕС у майбутньому для енергосистеми України. Тому важливо провести аналіз для з'ясування можливості модернізації існуючих РУ на АЕС для забезпечення зміни рівня навантаження за невеликий проміжок часу [1].

При зміні потужності ВВЕР-1000 відбувається перехідний процес, пов'язаний зі зміною нейтронного потоку в активній зоні (АЗ). Таке явище викликає коливання параметрів РУ, зокрема поля енерговиділення, якісним показником якого по висоті АЗ є аксіальний офсет (АО), що є одним з найважливіших показників для експлуатації АЕС с точки зору безпеки і економічності та чітко регламентується [2].

Управління аксіальним полем енерговиділення відбувається за допомогою двох систем: системи управління захистом (СУЗ) і системою борного регулювання (СБР). З впровадженням нових алгоритмів управління СУЗ і СБР можливо впливати на ефективність заходів при зміні навантаження РУ, що пов'язані з ксеноновими коливаннями.

Метою роботи є дослідження впливу на поведінку АО впровадження нових алгоритмів та можливість його стабілізації при маневруванні потужністю.

Перелік посилань:

1. Овдиенко Ю.Н., В.А. Халимончук, А.В. Кучин “Моделирование режима маневрирования мощностью на втором энергоблоке Хмельницкой АЭС” / Ю.Н. Овдиенко, В.А. Халимончук, А.В. Кучин // Ядерна та радіаційна безпека. — 2008. — № 2. — С. 3—11.
2. Максимов М.В., Беглов К.В., Каназирский Н.Ф. “Управление аксиальным офсетом ядерного реактора при маневрировании мощностью” // Автоматизация технологических і бізнес процесів. — 2015. — Т. 7. — № 1. — С. 54—61.

Student 3 курсу, гр. ТЯ-72 Zelentsov D.V.
Lect. Shilina L.I.

RADIOACTIVE GRAPHITE AS A FUEL FOR THE ION DRIVE

In 2015, Patrick Neumann developed the ion engine, which showed high efficiency compared to the NASA's leading one [1, 2]. The engine is capable running continuously from 5000 to 11000 seconds, depending on the type of fuel tablet, including tablets made of the carbon. The use of an ion engine is possible only in space, which in turn draws attention to the following - the usage of radioactive carbon as a fuel tablet.

In nuclear energy, there is a problem associated with the accumulation of such carbon in channel water-graphite reactors of various types, after their decommissioning.

Graphite deactivation is a rather laborious, energetically and financially expensive process, and the use of radioactive components in outer space will eliminate pollution on the Earth's surface. Thus, combining all the factors into one, we are able to obtain a rather promising disposal of radioactive waste from reactors using graphite in their structure.

At the conference there will be a discussion on Patrick Neumann`s ion drive, its principle of operation, characteristics, type of fuel which it uses and similar prototypes of past years.

References:

1. Sozdan ionniy dvigatel novogo tipa, vyigrivayushchiy HACA URL: <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2015/sozdan-ionnyi-dvigatel-novogo-tipa-vyigrivayushchii-po-effektivnosti-u-dvigatelya-hipe> (date of appliace: 21.02.2020).
2. Researcher`s experimental ion drive outperforms NASA`s HiPEP engine URL: <http://www.gizmag.com/neumann-ion-drive-nasa-hipep-engine/39490/> (date of appliace: 21.02.2020).

Студент 3 курсу, гр. ТЯ-72 Зеленцов Д.В.
Доц., к.т.н. Лещенко Б.Ю.

ВИНИКНЕННЯ РУЙНІВНОЇ КАВІТАЦІЇ В СПРИНКЛЕРНІЙ СИСТЕМІ ГЕРМЕТИЧНОГО ОБ'ЄМУ ЕНЕРГОБЛОКУ З РЕАКТОРОМ ТИПУ ВВЕР-1000

Виникнення кавітації на АЕС є повністю недопустимим фактором, який обумовлює розвиток пагубних наслідків і призводить до аварійних ситуацій. Це явище дуже поширене на робочих лопатках насосних машин (особливо це стосується головних циркуляційних насосів), у місцях повороту трубопроводів, та при використанні дросельних пристроїв. Для виявлення явищ кавітації при заміні обладнання або ремонті використовують гідравлічні випробовування, моделюючи тим самим перехідні процеси та виникаючі при цьому контрольовані перенавантаження. Тому одна із головних задач гідравлічних випробовувань – це забезпечення подальшої безаварійної роботи устаткування. Завданням спринклерної системи [1] герметичного об'єму станцій з реакторами ВВЕР-1000 – це забезпечення конденсації пари та зниження тиску, при випадках розгерметизації першого контуру та виходу радіоактивного теплоносія, а також забезпечення зв'язування з рідиною радіоактивних фракцій у парі та змивання їх з обладнання та арматури. Тому важливо щоб стан цієї системи був завжди задовільним, щоб у будь який момент виконувати свої важливі функції. У доповіді буде детальніше розглянуте:

1. Кавітація – чим вона обумовлена та її типи [2, 3].
2. Можливість використання явища кавітації
3. Виникнення високої вібрації трубопроводу рециркуляції та арматури при гідравлічному випробовуванні насосів.
4. Варіанти рішень які були висунуті та результати їх застосування.

Метою даної доповіді є доведення до слухача як явище кавітації впливає на експлуатацію на прикладі спринклерної системи герметичного об'єму енергоблоку з ядерною енергетичною установкою ВВЕР-1000.

Перелік посилань:

1. Технічна документація АЕС
2. Кавітація. Википедия свободная энциклопедия URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Кавитация#Полезное_применение (дата звернення: 19.02.2020).
3. Пирсол И. Кавитация. Пер. с англ. Ю.Ф. Журавлева. Ред., предисл. и дополн. Л.А. Эпштейна. М., «Мир», 1975. 95с. с илл. (В мире науки и техники).

Студент 3 курсу, гр. ТЯ-71 Квятковський Б.Б.
Доц., к.т.н. Лещенко Б.Ю.

РЕАКЦІЇ ТЕРМОЯДЕРНОГО ІНЕРЦІЙНОГО СИНТЕЗУ

Одним з напрямків майбутньої енергетики є дослідження в яких намагаються ініціювати термоядерну реакцію шляхом нагрівання та стискання мішені у формі кульки. Така кулька складається з суміші дейтерію з тритієм та має розміри близько одного міліметра.

Основним принципом термоядерного інерційного синтезу є зосередження світла від безлічі потужних лазерів на мішені, що є сумішшю дейтерію з тритієм. Відбувається миттєве випаровування зовнішнього шару, та утворення реактивної сили, що напрямлена до центру кульки. В результаті цього відбувається сильний стиск мішені та розігрів її до температури за якої може відбутись запуск термоядерної реакції. Реакція починається в центрі мішені та поширюється в зовнішні її шари, що є більш холодними, набагато раніше, ніж стиснений матеріал встигає розлетітись в усі сторони. В зв'язку з цим даний метод утримання гарячої плазми й називається інерційним [1].

Для здійснення керованого термоядерного синтезу з інерційним утриманням плазми потрібні лазери дуже великої потужності. Саме тому в місті Лівермор (США) побудували національний комплекс лазерних термоядерних реакцій. В цьому комплексі налічується 192 потужних лазерів. Їх загальна потужність складає 500 ТВт. Температура мішені може сягати десятків мільйонів градусів, при цьому мішень стискається в 1000 разів. Тривалість кожного імпульсу практично не перевищує однієї наносекунди, а розбіжність між крайніми імпульсами не перевищує 30 пс [2].

Цей комплекс повинен стати першою установкою на якій енергетичний вихід від реакції синтезу перевищить енергетичні втрати на її розпал, тобто щоб енергія на виході перевищувала затрачену енергію. Проте досліді показують, що навіть з такою кількістю потужних лазерів які діють на мішень з усіх сторін дуже складно досягти рівномірного стиснення мішені, що є головним.

Потрібно удосконалювати лазерну установку, збільшувати її потужність для того щоб мати можливість підривати такі паливні кульки.

В разі, якщо ця ідея спрацює будемо мати оптимальне джерело енергії, що має багато переваг. Адже потрібне паливо є в достатній кількості, має порівняно невисоку вартість, радіоактивні продукти розпаду мають надзвичайно короткий період напіврозпаду та таку систему не можна використати для виробництва зброї. Також така установка може бути швидко відключена, тому не є небезпечною.

Перелік посилань:

1. Гулевич А.В., Дьяченко П.П., Зродников А.В., Кухарчук О.Ф. Связанные реакторные системы импульсного действия. М.: Энергоатомиздат, 2003.
2. <http://thermonuclear.narod.ru/rev.html> (Velikhov E.P., Putvinskiy S.V. Thermonuclear power engineering. Status and role is in a long-term prospect. Lecture from 22.10.1999 y. inEnergyCenter of the World Federation of Scientists). (Rus).

Студент 2 курсу, гр. ТЯ-81 Федотов В.В.; студент 2 курсу, гр. ТЯ-81 Яворський М.О.
Доц., к.т.н. Фуртат І.Е.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КАНАЛЬНИХ УРАН-ГРАФІТОВИХ РЕАКТОРІВ

В середині 20 століття стрімкий розвиток світової промисловості потребував нових потужних та ефективних джерел електричної енергії. Перші у світі атомні реактори були створені для накопичення збройних ізотопів. 26 червня 1954 році, у СРСР була збудована перша у світі АЕС – Обнінська. На ньому була проведена велика кількість дослідів та експериментів, на основі яких були зроблені висновки та отримані данні, щодо подальшого розвитку атомної енергетики, зокрема графітових каналних реакторів.

Ядерні реактори виробляли велику кількість тепла, яку вирішили використати для вироблення електроенергії. У 1958 році був запущений реактор ЕИ-2, який став першим у світі двоцільовим реактором, який окрім виготовлення збройного плутонію, виробляв електричну енергію.

У 60-х роках було зроблено акцент на розробці енергетичних реакторів. У 1964 році почалася розробка енергетичного уран графітового реактору великої потужності (РВПК-1000) [1]. На відміну від минулого покоління реакторів, РВПК зазнали великих змін у конструкційних матеріалах та загальній схемі роботи та циркуляції теплоносія. Перший такий реактор був встановлений на Ленінградській АЕС. На досвіді роботи цих реакторів, протягом п'яти років були вдосконалені системи пасивної безпеки, а саме, побудовані підреакторні басейни барботери та введення баків з водою для аварійного охолодження АЗ. Оскільки схема реакторної установки (РУ) одноконтурна, це означає, що усе обладнання контуру працює в умовах радіоактивного фону, ще потребує додаткових заходів безпеки. На відміну від реакторів ВВЕР, РУ з РБМК не має гермооболонки, що суперечить світовим стандартам безпеки, тому, після аварії на ЧАЕС, подальша розробка та будівництво цих реакторів було зупинено. Протре переваги цих реакторів є досить суттєвим приводом для того, щоб розглянути їх майбутні перспективи.

Одна з найбільших переваг каналних реакторів – можливість перевантаження ТВС без зупинки реактора та зниження його потужності. Також, на відміну від водо-водяних реакторів, каналні графітові реактори не мають складного у виготовленні корпусу, що значно спрощує процедуру побудови РУ, графіт, що використовується в якості сповільнювача – дешевий та широко розповсюджений у природі та має гарні фізичні та хімічні показники при роботі в умовах нейтронного поля.

Еволюційним проектом каналних графітових реакторів на теплових нейтронах є РУ МКЕР-1500 (Многопетлевой Канальный Энергетический Реактор) енергетичною потужністю 1500 МВт [2]. В ній застосовані принципово нові технологічні рішення, які дозволяють значно підвищити техніко-економічні показники РУ, а саме: збільшення ефективності енергоблоку (КПД – 35,2%); зменшення вартості паливного циклу за рахунок більшого середнього вигорання палива; збільшення строку експлуатації енергоблоку (50 років); забезпечення ефективного керування аваріями; побудова гермооболонки навколо реакторної будівлі

Оскільки програма уран-графітових каналних реакторів вже добре знайома на території пострадянських країн, перспективи використання даного типу РУ є вигідним з точки зору економіки та енергетичної ефективності.

Перелік посилань:

1. Доллежалъ Н.А., Емельянов И.Я. Канальный ядерный энергетический реактор РБМК. – Атомиздат, 1980.
2. Широков С. В. Физика ядерных реакторов. – К.: Высш. шк., 1993.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-91мн Остаповець А.О.
Доц., к.т.н. Коньшин В.І.

АНАЛІЗ РИЗИК-ІНФОРМОВАНОГО КЕРУВАННЯ КОНФІГУРАЦІЄЮ ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ВИКОРИСТАННЯ ВСТАНОВЛЕНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Серед проблем, які сьогодні стоять в сфері ядерної енергетики, відмічається проблема ефективного та безпечного використання ядерних установок. На сьогоднішній день, в Україні не використовується метод ризик-інформованого керування конфігурацією ЯЕУ, але даний метод успішно застосовується на АЕС США та Європи.

Ризик-інформоване прийняття рішень дозволяє підвищити безпеку та надійність АЕС, знизити радіаційний вплив на персонал та підвищити ефективність експлуатації АЕС за рахунок:

- визначення та усунення проблем, які мають негативний вплив на безпечну експлуатацію АЕС;
- удосконалення та оптимізації технічного обслуговування та ремонту (ТОіР) та випробувань конструкцій, систем, елементів АЕС з забезпеченням їх надійності, достатньої для підтримки досягнутого рівня безпеки;
- концентрації уваги на системах та елементах АЕС, які мають найбільший вплив на безпеку АЕС.

Метою реалізації даного проекту є оптимізація ТОіР енергоблоків АЕС шляхом вирішення наступних задач:

- визначення допустимого часу знаходження в ремонті каналу систем безпеки (СБ) при роботі РУ на потужності;
- обґрунтування можливості переносу та виконання планових ремонтів систем нормальної експлуатації, при роботі РУ на потужності, які наразі проводяться по графіку в період ППР;
- визначення оптимальної періодичності планових випробувань каналів СБ при роботі РУ на потужності;
- оцінка можливості збільшення міжремонтного періоду та оптимальної періодичності випробувань систем, важливих для безпеки [1].

В результаті оптимізації ТОіР очікується підвищення коефіцієнту використання встановленої потужності з збереженням досягнутого рівня безпеки, визначення оптимальної конфігурації обладнання АЕС при проведенні ТОіР, зниження дозових навантажень на персонал, зниження консерватизму при проведенні ТОіР [2].

Для вирішення завдання буде використано комп'ютерний код RiskSpectrum, який дозволяє розробляти імовірнісну модель каналів СБ з різною конфігурацією, що допоможе вирішити поставлені перед даною роботою задачі.

Саме тому, розглянута тема є перспективним напрямком в атомній енергетиці і дана робота є актуальною.

Перелік посилань:

1. «Оптимизация ремонтных компаний АЭС Украины с использованием риск-ориентированных подходов», НАЭК «Энергоатом» 2017г.
2. Технічний звіт «Розробка методичного керівництва щодо ризик-інформованого управління конфігурацією АЕС ризик-інформованого ТРБЕ та ризик-інформованого визначення міжремонтних інтервалів та періодичності технічного обслуговування для АЕС з ВВЕР-1000», ВП ЗАЕС 2019 р.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-91мн Одинець В.В.
Ст. викл., к.т.н. Сахно О.В.

ОЦІНКА БЕЗПЕКИ ПЕРСОНАЛУ АЕС У ВИПАДКУ АВАРІЙНОГО ВИКИДУ ТОКСИЧНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН

Атомні електростанції внаслідок накопичення в процесі експлуатації значних кількостей радіоактивних продуктів і наявності принципової можливості виходу їх при аваріях за передбачені межі представляють собою джерело потенційної небезпеки або джерело ризику радіаційного впливу на персонал, населення і навколишнє середовище. Ступінь радіаційного ризику прямо залежить від рівня безпеки АЕС [1]. Безпека АЕС є одним з основних властивостей АЕС, що визначають можливість їх використання в якості джерела теплової та електричної енергії.

Після аварії на острові АЕС Три-Майл-Айленд в 1979 році дії, санкціоновані Комісією з ядерного регулювання, вимагали від ліцензіатів оцінки їх диспетчерських пунктів для забезпечення адекватного захисту операторів [2].

Основна функція оцінки полягає в забезпеченні безпечного середовища, в якому оператор може тримати під контролем ядерний реактор та допоміжні системи під час звичайних операцій, а також може безпечно вимикати ці системи під час аномальних ситуацій для захисту здоров'я та безпеки населення та робітників. Якщо в контрольній кімнаті реакція оператора порушена під час аварії, це може призвести до посилення наслідків для здоров'я та безпеки населення. Важливо, щоб оператори були впевнені у своїй безпеці в диспетчерській, щоб мінімізувати помилки при керуванні ядерною установкою.

Повинні бути прийняті належні заходи і повинна бути надана достатня інформація з метою довготривалого захисту осіб, які перебувають в приміщенні щита управління, від небезпек, таких як високі рівні випромінювання внаслідок аварійних умов, викид радіоактивного матеріалу, пожежа або вплив вибухонебезпечних або токсичних газів

З цією метою є необхідність проведення перевірки життєдіяльності контрольованих приміщень у разі аварійного викиду хімічних речовин. Комісією ядерного регулювання США розроблено програмні коди для оцінки хімічної небезпеки на майданчиках АЕС США. проведення аналізу зміни хімічного складу середовища у виробничих приміщеннях енергоблоку АЕС та його вплив на роботу персоналу у разі аварійного викиду.

Перелік посилань:

1. Швыряев, Ю. В. Вероятностный анализ безопасности при проектировании и эксплуатации атомных станций с реакторами ВВЭР: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.14.03 / Швыряев Юрий Васильевич. - М., 2004. - 340 с.
2. NEI 99-03. October 2000. Nuclear Energy Institute. Control Room. Habitability. Assessment. Guidance.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-91мн Микитюк І.О.
Доц., к.т.н. Коньшин В.І.

ОЦІНКА СТАНУ ТЕПЛОМЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДОПОМІЖНИХ СИСТЕМ ГЦН ЯЕУ З РЕАКТОРОМ ВВЕР-1000 З МЕТОЮ ПОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

На сьогоднішній день продовження терміну експлуатації є актуальною темою так, як продовження проектного терміну експлуатації енергоблоків необхідно не тільки з міркувань економічної доцільності (фінансово – це більш ніж в 20 разів дешевше, ніж будівництво нових потужностей) [1], такі роботи обгрунтовані ще й тим, що збереження існуючого парку реакторних установок дозволить використовувати наявний ресурс часу для підготовки до будівництва нових енергоблоків, а також забезпечить необхідний рівень безпеки АЕС.

Щоб подовжити термін експлуатації АЕС у надпроектний період необхідно провести ряд дослідів, розрахунків та аналізів, що будуть підтверджувати повну відповідність обладнання даної АЕС до певних норм.

Даний метод вимагає проведення робіт з перепризначення допустимої кількості експлуатаційних циклів навантаження обладнання енергоблоків АЕС. Фундаментальним дослідженням є перевірочний розрахунок на циклічну міцність відповідно до норм ПНАЕГ-7-002-86 "Норми розрахунку на міцність обладнання і трубопроводів АЕУ".

Перепризначення допустимої кількості експлуатаційних циклів навантаження передбачає виконання наступних етапів:

- складання переліків обладнання та трубопроводів для перепризначення допустимої кількості експлуатаційних циклів навантаження;
- аналіз технічної документації та історії експлуатації, включаючи проектні перевірочні розрахунки на циклічну міцність, дані по реєстрації режимів експлуатації, результати експлуатаційного контролю, технічного обслуговування і ремонту;
- виконання перевірочних розрахунків на циклічну міцність;
- перепризначення допустимої кількості експлуатаційних циклів навантаження.

Для обрахунку та прогнозування можливості подовження строку експлуатації, було обране тепломеханічне обладнання допоміжних систем головного циркуляційного насосу. Побудовані, з допомогою програмних продуктів, моделі даного тепломеханічного обладнання, а також використання розрахункових кодів, дозволили зробити позитивні висновки стосовно подальшого використання обладнання [2].

Перелік посилань:

1. Филатов В.М. Предельные состояния по образованию макротрещин при циклическом нагружении//ВАНТ - Сер. «Физика и техника ядерных реакторов».- 1978.- Вып. 1 (21).- С. 114-123.

2. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. ПНАЭГ-7-002-86.- М.: Энергоатомиздат, 1989.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-91мн Лещенко Д.В.
Проф., д.т.н. Носовський А.В.

МОДЕЛЮВАННЯ ТВЗ З ВЯП РІЗНИХ ВИРОБНИКІВ В РОЗРАХУНКОВОМУ КОДІ MONTE CARLO SERPENT

На території Чорнобильської зони відчуження відбувається будівництво ЦСВЯП (Центральне сховище відпрацьованого ядерного палива) для зберігання ВЯП (Відпрацьоване ядерне паливо) з енергоблоків України. Сховище розраховано на встановлення 458 контейнерів довготривалого зберігання HI-STORM [1] американської компанії Holtec International, в яких протягом 100 років будуть зберігатись ТВЗ з ВЯП [2].

В той же час в Україні не існує детальної моделі ТВЗ та полів енерговиділень даних касет після їх зберігання в басейнах витримки на АЕС. Саме ці моделі можна буде використати для обґрунтування безпечної експлуатації контейнерів довготривалого зберігання HI-STORM та ЦСВЯП в цілому.

В ході виконання даної роботи пропонується:

- Розробити детальні моделі ТВЗ різних виробників, що використовуються на АЕС України з реактором типу ВВЕР-1000 та ВВЕР-440.
- Отримати розподіл полів енерговиділень ТВЗ перед завантаженням їх в контейнери довготривалого зберігання HI-STORM.
- Внести в розрахункову модель характеристики контейнерів довготривалого зберігання HI-STORM.
- Розрахувати дози випромінювання біля контейнерів після завантаження в них ТВЗ з ВЯП.

Провівши ці розрахунки на базі створеної розрахункової моделі ТВЗ в коді Monte Carlo Serpent можна реально оцінити безпечність контейнерів довготривалого зберігання HI-STORM та дози випромінювання на майданчику ЦСВЯП [3].

Перелік посилань:

1. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 04.07.2012 № 485 “Вимоги до контейнерів для зберігання високоактивних радіоактивних відходів від переробки відпрацьованого ядерного палива”.
2. Наказ Державного комітету ядерного регулювання України від 29.12.2004 № 198 Про затвердження “Основних положень забезпечення безпеки проміжних сховищ відпрацьованого ядерного палива сухого типу”.
3. Постанова колегії Державного комітету ядерного регулювання України від 03.11.2016 № 8 “ Про результати державної експертизи ядерної та радіаційної безпеки попереднього звіту з аналізу безпеки Централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива”.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-91мн Горбачик С.О.
Асист., к.т.н. Халімончук В.А.

ОБГРУНТУВАННЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ПАСИВНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ НА АЕС

Остання масштабна аварія на АЕС, якою є аварія на Фукусіма 1, виявила необхідність провести аналіз безпеки на діючих енергоблоках в напрямку їх стійкості до впливу запроектованих аварій та можливості протидіяти тяжким аваріям. Відповідно постала необхідність врахувати уроки минулого, щоб унеможливити виникненню аналогічних ситуацій.

В результаті була проведена оцінка енергоблоків [1] та було з'ясовано, що для підвищення їх надійності необхідно вводити пасивні системи безпеки, які мають виконувати свої функції при появі наступних вихідних подій:

1. Втрата всіх джерел електропостачання, включаючи аварійні;
2. Втрата кінцевого поглинача тепла;
3. Комбінація цих двох факторів.

В рамках проведення аналізу були розроблені документи, які обґрунтовують безпеку (ПООБ, ВАБ), в яких представлені результати розрахунків експлуатаційних режимів енергоблоків, включаючи максимально-проектну аварію і режими запроектованих аварій. В цих документах обґрунтовано використання спеціальних заходів та засобів для подолання запроектованих аварій, в тому числі для режиму одночасної втрати нормального та аварійного енергоживлення на 24 години. Для всіх режимів, включаючи запроектовані аварії, виконана оцінка радіаційного впливу на населення і оточуюче середовище [2].

Одним із спеціальних засобів управління запроектованою аварією є система пасивного відводу теплоти через парогенератор (СПОТ ПГ), яка призначена для тривалого відводу залишкових тепловиділень від активної зони реактора до кінцевого поглинача через другий контур при запроектованих аваріях. Система дублює відповідну активну систему відводу теплоти до кінцевого поглинача у випадку неможливості виконання нею проектних функцій.

Надалі, в зв'язку з наслідками аварійних подій на АЕС «Фукусіма» в концепції з управління запроектованими аваріями був прийнятий підхід, заснований на забезпеченні повної автономності та незалежності АЕС протягом, як мінімум 72 годин. Для реалізації цього підходу були розроблені відповідні заходи щодо запобігання або пом'якшення наслідків запроектованої аварії і недопущення переходу запроектованої аварії в тяжку стадію.

Перелік посилань:

1. Стресс-тесты действующих АЭС в странах ЕС. – основные результаты. ГИЯР Украины. НАН. Украины. ГНТЦ ЯРБ.
2. В.В. Безлепкин, С.Е. Семашко, С.Б. Алексеев, Т.Г. Варданидзе, Ю.Ю. Петров ОАО СПБ «Атомэнергопроект», Санкт-Петербург, Россия

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-91мн Ришко А.В.
Ст. викл., к.т.н. Сахно О.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ЛОКАЛІЗАЦІЇ РОЗПЛАВУ КОРИУМУ ВСЕРЕДИНІ КОРПУСУ РЕАКТОРУ ДЛЯ РЕАКТОРНОЇ УСТАНОВКИ ТИПУ ВВЕР-440

Реактори типу ВВЕР 440/В213 були спроектовані в 70-ті роки минулого століття у відповідності з діючими, на той час, в атомній енергетиці стандартами в області безпеки АЕС. Можливість реалізації сценарію важкої аварії (ТА) при якому буде відбуватися плавлення активної зони з переростанням ТА у зовнішньокорпусну фазу не розглядалася. Однак, після важкої аварії на АЕС Фокусіма, в результаті якої були одночасно втрачені три незалежні каналу систем безпеки для енергоблоків ВП РАЕС була виконана додаткова цільова переоцінка безпеки.[1]

Характерними ВА в результаті яких відбувається руйнування і розплавлення активної зони з утворенням в нижній частині корпусу реактора басейну з коріуму (розплаву палива і конструкційних матеріалів активної зони) є ВА в результаті яких відбувається повне, тривале знеструмлення енергоблоку (відмова активних систем безпеки).

З причини конструктивних особливостей ВВЕР 440/В-213 при ВА з повним знеструмленими енергоблоку і переходом аварії на зовнішньокорпусну фазу розвитку ВА, втрата цілісності ГО виникає не в результаті високого тиску в ГО, а в результаті проплавлення бетонної плити ГО коріумом.[2]

Одним з основних завдань з управління такого роду ВА є локалізація коріуму в корпусі реактора. Для збереження структурної цілісності КР необхідно забезпечити охолодження його зовнішньої поверхні, так як при неприпустимому підвищенні температури стінки КР вона може бути проплавлена. Відведення тепла залишкового енерговиділення з розплавленого коріуму переміщеного в нижню камеру змішування (НКЗ) можливе двома способами:

- подачею води з великою витратою безпосередньо в, результаті чого забезпечується перенесення тепла з коріуму в теплоносій в результаті безпосереднього контакту між коріумом і теплоносієм;
- затопленням ШР і відведенням тепла через зовнішню поверхню стінки КР до теплоносія.

В даній роботі проаналізовано затоплення приміщення ШР теплоносієм і створення замкнутої петлі циркуляції теплоносія для відводу енергії залишкового енерговиділення через зовнішню поверхню корпусу реактора. Таким чином створюється замкнута петля охолодження корпусу реактору з пасивним рухом теплоносія.[3]

Забезпечення достатнього й ефективного відводу тепла залишкового енерговиділення від коріуму через зовнішню поверхню КР дозволить зберегти необхідну товщину стінки КР для запобігання неприпустимих деформацій КР.

Перелік посилань:

1. Концептуальное техническое решение о внедрении системы внешнего охлаждения корпуса реактора для энергоблоков с реакторами В-213 (111-055-ТР_РЦ-1) от 12.01.2018г.
2. П. Матейович, М. Барнак, М. Бахраты, Р. Беркы: Assessment of In-vessel corium retention for ВВЭР-440/В213 reactors, Joint OECD/NEA – EC/SARNET2 Workshop, Issy-les-Moulineaux, France, Октябрь 12 - 14, 2009
3. Охлаждение КР при решении тяжелых аварий АЭС Дукованы. Часть I. Общие принципы и технологические предпосылки внедрения. (ООО Инженерное расчетное общество Трнава 2013г).

УДК 621.039.7

Студент 4 курсу, гр ТЯ-62 Якимчук А.О.
Ас. Остапенко І.А.

ПІДГОТОВКА НІ - TRAC 190 і НІ - STAR 190UA ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ З ЦХОЯТ НА МАЙДАНЧИК АЕС

Порожні БЦК, НІ - TRAC 190 (НІ - TRAC) і НІ - STAR 190ua (НІ - STAR) зазвичай зберігаються на майданчику ЦХОЯТ [1]. Кожен з перерахованих контейнерів проходить контроль, підготовку до завантаження, встановлюється на ж-д платформи і перевозиться на майданчик АЕС для завантаження. Крім того, використане при завантаженні допоміжне устаткування також вантажиться на ж-д платформи і перевозиться на майданчик АЕС. Персонал АЕС здійснює приймання устаткування і його установку в положення під завантаження на енергоблоці.

Порожній НІ - STAR перевозиться в горизонтальному положенні на спеціальній ж-д платформі НІ - STAR (вагоні-контейнері) у зборі з демпфуючими пристроями, захисним кожухом, стягуваннями і кришкою.

Вагон-контейнер НІ - STAR встановлюється у Будівлі приймання контейнерів (БПК) для розміщення на ній НІ - STAR. Підйомна траверси НІ - STAR оснащується необхідним адаптером для сумісності з основним краном будівлі (ОКБПК). Для підйомної траверси НІ - STAR передбачені декілька адаптерів (використовуваних також і з підйомною траверсою НІ - TRAC), що забезпечують сумісність підйомних траверс НІSTAR і НІ - TRAC з різними моделями кранів, вживаних на ЦХОЯТ і енергоблоках. ОКБПК дистанційно з'єднується з підйомною траверсою НІ - STAR, що знаходиться на стенді. Підйомна траверси піднімається і зчіплюється з підйомними цапфами НІ - STAR 190. Для управління важелями допідйомної траверси НІ - STAR під'єднуються довгі шланги, що йдуть від шафи пневматичного управління. НІ - STAR піднімається і встановлюється у вертикальному положенні на вагон-контейнер НІ - STAR за допомогою розміщення цапф НІ - STAR на опорах. НІ - STAR переводиться в горизонтальне положення так, щоб бічна поверхня контейнера повністю лягла на ложемент. Підйомна траверса дистанційно розчіплюється з НІ - STAR і встановлюється назад на стенд для зберігання. Вагон готовий до відправки [2].

Перелік посилань:

1. Закон України. Про поводження з відпрацьованим ядерним паливом щодо розміщення, проектування та будівництва централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива реакторів типу ВВЕР вітчизняних атомних електростанцій. 9 лютого 2012 року № 4384-VI
2. Офіційний сайт РАЕС (ВП «Рівненська АЕС»). [«https://www.rnpp.rv.ua»](https://www.rnpp.rv.ua).

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-61 Редька І. М.
Ас. Овдієнко Ю. М.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ГЛИБИНИ ВИГОРАННЯ ПАЛИВА В РЕАКТОРАХ ТИПУ ВВЕР

Одне з найважливіших питань сьогодення, яке стоїть перед атомною енергетикою України, є підвищення ефективності використання палива. Неefективне використання палива може завдати істотного негативного впливу на економіку, оскільки атомна енергетика України, як одне з найбільш економічно ефективних джерел енергії, складає більше половини всього енергетичного сектору. Подальший розвиток ядерної енергетики, на період до 2035 року, прогнозується виходячи з того, що частка атомної генерації в загальному обсязі виробництва електроенергії зростатиме [1].

Одним із шляхів підвищення ефективності, а отже і економічності паливних завантажень на АЕС, є підвищення середньої глибини вигорання палива, що вивантажується і поступове її наближення до максимально припустимого [2].

Варто зауважити, що завдяки збільшенню глибини вигорання відпрацьованого палива, зменшується кількість підлягаючих захороненню високорадіоактивних ядерних матеріалів. Як наслідок, знижуються витрати на обіг з ними [3].

Для найбільш ефективного використання ядерного палива в умовах роботи АЕС в енергосистемі використовуються такі способи збільшення глибини вигорання палива як вибір оптимального збагачення палива, при цьому необхідно враховувати рівень потужності реактора і необхідну календарну тривалість кампанії. Також дуже важливим резервом збільшення глибини вигорання палива є вирівнювання потужності по активній зоні (АЗ), що забезпечується відповідними номенклатурою підживлення, профілюванням касети і розташуванням ТВЗ в АЗ. Не варто випускати з виду метод збільшення глибини вигорання шляхом подовження кампанії реактора за рахунок роботи на потужнішому ефекті, яка здійснюється в кінці кампанії, після вичерпання запасу реактивності на номінальному рівні потужності реактора. При зниженні потужності вивільняється запас реактивності, що дозволяє експлуатувати реактор ще деякий час [4].

Цілями роботи є такі дослідження: оптимального збагачення паливних завантажень, підвищення ефективності за рахунок вирівнювання енерговиділення в активній зоні, а також специфіки покращення роботи на потужнішому ефекті.

Перелік посилань:

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р;
2. Буканов В. Н. Использование топливных загрузок с пониженной утечкой нейтронов для ослабления радиационной нагрузки на корпус ВВЭР-1000 [Текст] / В. Н. Буканов, В. Л. Демехин, А. А. Коренной // Атомная энергия. — Август, 2006. — Т. 101. — Вып. 2. — С. 93—97.
3. Васильев А. Ф. Кондратюк В. А. “Підвищення ефективності використання палива в активній зоні реактора“ //Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2011. — № 4(8) (52). — С. 10.
4. Овчинников Ф. Я., Семенов В. В. “Эксплуатационные режимы водо-водяных энергетических реакторов“ //Энергоатомиздат. — 1988. — 3-е изд., переработанное и дополненное. — С. 37—51.

МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ КРИЗИ ТЕЧІ ТЕПЛОНОСІЯ З НАДКРИТИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Основні проблеми, які потребують вирішення при розробці нових ядерних реакторів, виникають через принципову складності вивчення фундаментальних фізичних явищ. На початку 2000х років, міжнародне агентство з атомної енергії, організувало спеціальну координаційну програму по висвітленню проблем тепло-гідравлічних феноменів для ядерних реакторів (ЯР) на воді надкритичних параметрів (СКП) [1]. Однією з виділених актуальних завдань є вивчення явища затискання потоку середовища і вплив на витрату в вихідному перерізі [2]. Знання замикаючих характеристик такого явища, має важливе значення, при підтримці тиску в контурі циркуляції, під час реальної течової аварії. Певний прогноз втрати теплоносія, є принциповим при проведенні аналітичних робіт з обґрунтування безпеки ядерних реакторів, а також для вибору компонентів систем безпеки [3].

Рушійною силою в потоці середовища є градієнт тиску. Зменшення тиску на вихідній ділянці при незмінному на вхідному, дасть збільшення швидкості витіку. Створене додаткове збурення передається по середовищу зі швидкістю поширення слабких хвиль всередину і призводить до перерозподілу тиску в бік збільшення перепаду. Але швидкість поширення малих збурень кінцева величина, яка обумовлює неможливість безперервного переходу потоком через обмежуючу швидкість хвилі механічного коливання середовища, без додаткових геометричних або фізичних заходів. Отже, подальше зменшення тиску у вихідному перерізі більше не призводить до збільшення швидкості витікання, відбувається замикання величини витрати в течу. Такий особливий режим називають кризою течі (КТ), а характерну місцеву швидкість в цей момент, критичною швидкістю [4].

Важливо зазначити, що в умовах контурної течі теплоносія, КТ настає через те, що немає додаткових факторів, які дозволяють отримати надзвуковий режим витіку. Звісно, залежно від початкового термодинамічного стану контуру перспективного ЯР з СКП, інтенсивність явища багато в чому буде визначатися умовним геометричним сполученням середовища з різним фізичним станом.

Метою даної роботи було виконання аналітичного огляду існуючих моделей опису феномена. В обсяг розгляду включені підходи для однофазного і двофазного потоку з урахуванням їх фізичної основи та прийнятих припущень. Виконана формалізація підходів з урахуванням узгодження з відповідними експериментальними даними. Сформульовані вимоги до можливого універсального методу, з точки зору початкової динаміки процесу та ефективності розрахункової процедури.

Перелік посилань:

1. Generation IV International Forum: A decade of progress through international cooperation, JE Kelly - Progress in Nuclear Energy, Elsevier 2014
2. Heat Transfer Behaviour and Thermohydraulics Code Testing for Supercritical Water Cooled Reactors (SCWRs), TECDOC-1746, IAEA, 2014.
3. Y.Y. Bae, L.K.H. Leung, J.A. Lycklama À Nijeholt, M. Andreani, T. Schulenberg, J. Starflinger, Y. Ishiwatari, Y. Oka, H. Mori, and K. Ezato, "Status of ongoing research on scwr thermal-hydraulics and safety," presented at the GIF Symposium, Paris, France, 2009
4. Fundamentals of Multiphase flow. Prof. M. L. Corradini. DEP, University of Wisconsin, USA, 1997

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-62 Вікторів Я.О.
Ст. викл., к.т.н. Семеняко О.В.

ВИКОРИСТАННЯ НАНОРІДИН В ЯКОСТІ ТЕПЛОНОСІЇВ

В даній роботі виконано аналіз використання нанорідин в системах теплопостачання в якості теплоносія.

Нанорідини можуть дати істотне підвищення інтенсивності тепловіддачі.

В джерелах [1, 2] продемонстровано, що теплопровідність нанорідин на основі оксидів алюмінію, кремнію і титану та води при об'ємній концентрації порядку декількох відсотків перевищує теплопровідність чистої рідини на десятки відсотків.

З експериментів [3] видно, що теплопровідність рідин добре описується за допомогою теорії Максвелла. Перш за все, отримані дані були співвіднесені з теоретичними моделями, побудованими для опису теплопровідності крупнодисперсних суспензій. перша така модель була створена Максвеллом [4], який отримав співвідношення між коефіцієнтами теплопровідності суспензії λ і основної рідини λ_0 .

Однак, експерименти [4] показали, що теплопровідність нанорідин залежить не тільки від концентрації і теплопровідності наночастинок, а й від їх матеріалу і розмірів.

Отриманні результати [3] показують, що теплоємність нанорідин відрізняється від теплоємності чистої води, причому відмінність збільшується зі збільшенням концентрації наночастинок. Аналіз результатів і дані таблиці показують, що найбільш перспективним є використання нанорідин з вуглецевими нанотрубками.

Теплоємність теплоносіїв в залежності від концентрації нанодобавок [Дж/(кг·К)]

Концентрація, %	Найменування теплоносіїв		
	Вода +графіт	Вода + вуглецеві нанотрубки	Водний розчин етиленгліколь + вуглецеві нанотрубки
0,2	3706,8	5204,4	2076,9
0,3	3748,2	5338,9	2037,8
0,35	3753,5	5444,8	1993,0
0,4	3774,2	5465,4	1950,5

На основі проведеного аналізу можна припустити, що застосування нанорідин має хороші перспективи для вдосконалення теплообмінних апаратів і підвищення енергоефективності систем теплопостачання атомних станцій. Найбільш ефективним є використання нанорідин з вуглецевими нанотрубками.

Перелік посилань:

1. Wang X., Xu X., Choi S. U. S. Thermal conductivity of nanoparticlefluid mixture. *J. Thermophys. Heat Trans.* 1999. Vol. 13. № 4. P. 474–480.
2. Рудяк В. Я. Статистическая аэрогидромеханика гомогенных и гетерогенных сред. Т. 2. *Гидромеханика*. Новосибирск : НГАСУ, 2005. 468 с.
3. Choi E. S., Brooks J. S., Eaton D. L., Al-Haik M. S., Hussaini M. Y., Garmestani H., Li D., Dahmen K. Enhancement of thermal and electrical properties 141 of carbon nanotube polymer composites by magnetic field processing. *Journal of Applied Physics*. 2003. Vol. 94. № 9. P. 6034–6039
4. Maxwell J. C. A treatise on electricity and magnetism. 2nd ed. *Oxford : Clarendon Press*, 1881. Vol. 1. 435 p.

УДК 532.5:536.2

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-62 Різніченко А.С.
Ст. викл., к.т.н. Семеняко О.В.

ВИКОРИСТАННЯ НАНОРІДИН НА АЕС

Безпечна експлуатація АЕС на сьогоднішній день вважається однією із пріоритетних цілей у світі. Елементи першого контуру АЕС повинні відповідати всім нормам контролю, які до них висувають під час виготовлення, транспортування та протягом усього терміну експлуатації.

Під час експлуатації АЕС можуть виникати різні аварійні ситуації, одна із яких МПА – максимальна проектна аварія, яка характеризується повним поперечним розривом головного циркуляційного контуру (ГЦК). Під час цієї аварії локалізуючі пристрої та система аварійного охолодження активної зони (САОЗ) повинні не допустити розповсюдження радіоактивних речовин за границі гермозони і не допустити розплавлення активної зони реактора.

Гідроємності САОЗ слугують для забезпечення аварійного охолодження активної зони за допомогою подачі розчину борної кислоти, яка знаходиться в них.

Нанорідина – колоїд на базі води або іншої рідини з додаванням наночастинок (часток розмірами 100 нм і менше). Наночастинки, при невеликій своїй концентрації можуть зберігати стабільне розсіювання в рідині без істотних змін її в'язкості, при цьому збільшуючи теплопровідність і коефіцієнт тепловіддачі.

Теплофізичні параметри нанорідин були дослідженні і порівнянні в роботах [1-3].

Характеристики досліджених нанорідин [3]

Досліджувана рідина	$d_{cp}, \text{нм}$	C, %	$k=l/d$	$\sigma, \text{мН/м}$	pH	$\zeta, \text{мВ}$	U/kT	$q_{kp} \times 10^{-6}, \text{Вт/м}^2$
Дистильована вода	-	0	-	72.50	6.0	-	-	1.2
AlSi-1dis	150-550	0.16	10-100	71.70	6.95	-35.7	15	1.4-1.68
AlSi-5dis	50-150	0.60	400-800	65.8	6.7	-57.0	≥ 50	1.6-2.24
AlSi-6dis	50-150	0.23	30-100	72.2	6.75	-48.0	45	1.35-1.5
AlSi-7dis	50-150	0.25	500-800	71.9	6.75	-57.0	≥ 50	2.25
TiO ₂ (НЖ-8)	50-100	0.07	1-3	71.8	10.3	-52.5	48	1.35-1.68

Отже, використання нанорідин як теплоносій в САОЗ на АЕС може підвищити границю максимально допустимої температури оболонки реактора чи підтримувати її в більш сучасних моделях реактора.

Перелік посилань:

1. Морару В.Н. Применение наножидкостей для экстренного аварийного охлаждения энергетического оборудования. *Энерготехнологии и ресурсосбережение*. 2016. №4. с.14-23.
2. Бондаренко Б.И. Исследования по созданию наножидкостей для энергетики. *Экология и промышленность*. 2013. №3. с. 51-55.
3. Морару В.Н. Наножидкости на основе украинских алюмосиликатов – перспективные теплоносители для энергетики. *Энерготехнологии и ресурсосбережение*. 2015. №1. с. 22-32.

СЕКЦІЯ №2

**Ядерна захищеність
та
нерозповсюдження**

Магістрант 5 курсу, гр. ТЗ-92мп Терзі В.А.
Ст. викл., к.т.н. Клевцов С.В.

АНАЛІЗ НЕДОЛІКІВ СИСТЕМИ ОБЛІКУ І КОНТРОЛЮ ЯДЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Проблеми забезпечення фізичної ядерної безпеки в останні кілька років привертають велику увагу з боку ЗМІ, широкого кола експертів, науковців і офіційних осіб. Це обумовлено не тільки збільшенням загроз ядерного тероризму, а й значною активізацією процесу усвідомлення цих загроз на найвищому політичному рівні.

Стан системи обліку і контролю оцінюється як такий, що:

відповідає вимогам законодавства щодо обліку та контролю ядерних матеріалів;

частково не відповідає вимогам законодавства щодо обліку та контролю ядерних матеріалів;

не відповідає вимогам законодавства щодо обліку та контролю ядерних матеріалів.

В Положенні про державну систему обліку та контролю ядерних матеріалів, затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 18.12.96 № 1525 [1] недоліком є те, що не забезпечується системність у регламентації відносин у сфері контролю за ядерною та радіаційною безпекою. В наслідок цього суттєво ускладнюється ознайомлення з відповідними нормами, які стосуються тих чи інших аспектів контролю у даній сфері. В законі також не визначається зміст кожного з зазначених напрямків контролю, а, отже, важко судити про особливість їх застосування. Іншим недоліком законодавчої регламентації механізму контрольної діяльності у даній сфері є нечіткість у визначенні суб'єктів контролю.

У результаті виявлених недоліків, можна стверджувати про недостатню компетентність аудиторів контролю, не структуровану організацію дій здійснення контролю та не регламентованість функціоналу системи обліку і контролю ядерних матеріалів. Внаслідок цього, контроль здійснюється не в повному обсязі і не можна вважати достовірним.

Висновок. Отже, у цій системі кожний елемент має взаємодіяти з іншим, підстраховуючи, посилюючи один одного. Необхідно закріплення поняття контролю як принципу діяльності органів державної влади, органів місцевого самоврядування з звичайного теоретичного положення перевести у практичну законодавчу площину. Для цього варто значно розширити формат законодавчого регулювання відносин, що виникають у зв'язку із здійснення контролю у сфері ядерної та радіаційної безпеки. Міжнародне агентство з атомної енергії має застосовувати гарантії таким чином, щоб мати можливість перевіряти дані системи України з метою впевнитися, що ядерний матеріал ніяким чином не переключався з мирного використання на виробництво ядерної зброї або інших ядерних вибухових пристроїв.

Перелік посилань:

1. Положення про державну систему обліку та контролю ядерних матеріалів, затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 18.12.96 № 1525 (із змінами, внесеними згідно з постановами Кабінету Міністрів України № 1006 від 09.08.2001, № 257 від 25.03.2009).

2. Вимоги до оцінки стану системи обліку та контролю ядерних матеріалів» (НП 306.7.184–2012), затверджені наказом Держатомрегулювання України від 09.04.2012 № 84, зареєстровані в Мін'юсті 27.04.2012 № 647 / 20960.

РОЛЬ ПРОЕКТНОЇ ЗАГРОЗИ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ФІЗИЧНОГО ЗАХИСТУ ЯДЕРНИХ УСТАНОВОК

Відповідно до міжнародних рекомендацій, для ефективного антитерористичного захисту своїх ядерних об'єктів держава повинна визначити вимоги до режиму фізичної ядерної безпеки ядерних установок на основі оцінки загроз та проектної загрози.

Проектна загроза описує характеристики потенційних внутрішніх та зовнішніх порушників, які мають на меті несанкціоноване вилучення (крадіжку) ядерного чи іншого радіоактивного матеріалу або скоєння акту диверсії. У зв'язку з цим система фізичного захисту ядерної установки створюється та оцінюється у відповідності до проектної загрози [1].

До потенційних зовнішніх порушників відносяться терористи (терористичні групи) та інші злочинці, які намагатимуться використати ядерні чи інші радіоактивні матеріали для зловмисних цілей або для скоєння диверсії по відношенню до ядерної установки. Внутрішні порушники – це особи із санкціонованим доступом на ядерну установку, до технологічних процесів чи конфіденційної інформації, які можуть вчинити зловмисні дії або допомогти зовнішньому правопорушнику зробити це.

Ролі та обов'язки регулюючого органу, інших компетентних органів та експлуатуючих організацій (оператори ядерних установок) в процесі розробки проектної загрози визначає держава.

З метою забезпечення оцінки загроз ядерній безпеці на національному рівні компетентні органи збирають і аналізують розвідувальну та іншу інформацію щодо загроз з відкритих джерел, дані щодо протиправних дій у сфері фізичної ядерної безпеки в минулих роках, а також іншу релевантну інформацію з різних джерел [2]. Оцінюється достовірність інформації, визначаються потенційні порушники, їх характеристики та можливості, а також рівень мотивації до скоєння протиправних дій.

Саме результат оцінки загрози національній ядерній безпеці використовується для розробки проектної загрози, у тому числі ядерній установці.

Компетентні органи надають проектну загрозу експлуатуючим організаціям для подальшої розробки об'єктових проектних загроз та побудови (перебудови) системи фізичного захисту для забезпечення протидії потенційним порушникам.

Також існує практика, коли компетентні органи розробляють чіткі вимоги до побудови систем фізичного захисту у відповідності до проектної загрози і вимагають їх сумлінного виконання від експлуатуючих організацій.

Компетентні органи повинні регулярно проводити оцінку загроз та переглядати проектну загрозу у разі потреби. Нові загрози, які виникають у світі, потребують негайного реагування з боку держави і ця реакція повинна відобразитись у проектній загрозі.

Перелік посилань:

1. Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання. Закон України від 19.10.2000 № 2064.
2. Рекомендации по физической ядерной безопасности, касающиеся физической защиты ядерных материалов и ядерных установок (INFCIRC/225/Revision 5). Серия изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности, №13.

Магістрант 1 курсу, гр. ТЗ-91мп Гончарук В.Г.
Ст. викл., к.ф.-м.н. Хоменков В.П.

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОТРИМАННЯ ГАММА КВАНТІВ ЗАСНОВАНОЇ НА ЯВИЩІ ГАЛЬМІВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

На сьогоднішній день в світі існує багато джерел теоретичних відомостей, але замало практичних досліджень які, на мою думку повинні бути в пріоритеті. Отже, я поставив перед собою завдання створити прилад для підтвердження моєї теорії щодо гальмівного випромінювання, якщо прилад запрацює належним чином його можна буде використати в багатьох сферах життя від військової до медицини.

Кожна країна що використовує технологію «Мирного ядра» зобов'язана створити умови безпечного використання ядерного палива. Данні умови, знов і знов, кидають виклики системі фізичного захисту. З урахуванням розвитку науки та поступовим здешевленням новітніх технологій, а також ситуації в світі та на окремих об'єктах, в зв'язку з можливими терактами потрібно постійно посилювати, модифікувати та доповнювати системи захисту.

Наразі існуючі системи ніяким чином не можуть боротися ба навіть зі звичайними квадрокоптерами що виявлено при аналізі вразливості.

Аналіз вразливості – процес визначення видів і ступенів небезпеки потенційних загроз і вразливих місць на ядерній установці і в транспортних засобах, що перевозять ядерний матеріал, а також ефективності їх систем фізичного захисту [1].

Гальмівне випромінювання – електромагнітне випромінювання заряджених частинок при зіткненні з іншими зарядженими частинками, зазвичай електронами чи атомними ядрами [2].

Завданням роботи є кілька пунктів:

- Створення дослідницької установки.
- Тестування та підтвердження або спростування теорії.
- Налаштування установки на потрібних спектр випромінювання.

Отже, коли всі пункти роботи будуть завершені як результат потрібно отримати прилад яких допоможе системі фізичного захисту в боротьбі з безпілотними літальними апаратами шляхом їх детектування, або при можливості виведенню з ладу без шкоди для діючої ядерної установки.

Перелік посилань:

1. НП 306.7.086-2004. Облік та контроль ядерного матеріалу, фізичний захист ядерного матеріалу і ядерних установок. Тлумачний словник українських термінів.
2. Кузнецов Р.А. Нормированные спектры тормозного излучения для разных энергий электронов.

ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА В СФЕРІ ФІЗИЧНОГО ЗАХИСТУ ЯДЕРНИХ УСТАНОВОК

Атомні електростанції вважаються основними джерелами електроенергії і потужності для багатьох країн. Проте, хоча ядерна енергія забезпечує незліченні переваги, атомні станції становлять потенційну небезпеку можливого лиха, якщо не забезпечити їх захист на належному рівні. В останні роки велика увага приділялася вивченню безпеки цифрових систем, що використовуються в АЕС. Хвиля в сфері використання інформаційних та комунікаційних пристроїв, інтеграція цифрової системи управління пристроїв і взаємопов'язаність систем на АЕС привели до значного підвищення небезпеки від кібератак в ядерній енергетиці, і як наслідок, підвищення інтересу до кібербезпеки [1]. Аналіз з безпеки цивільних ядерних об'єктів показав, що ядерна галузь все ще на піку боротьби з кіберзагрозами. Це почасти через пізнє прийняття ядерного сектора цифрових систем у порівнянні з іншими секторами. Один з факторів, який можна розглянути як потенційну небезпеку для атомної промисловості, це все більш широке використання комерційного «стандартного» програмного забезпечення. Цей тип програмного забезпечення не забезпечує адекватний рівень захисту від зовнішніх загроз і часто розглядається як прямий шлях проникнення в мережу об'єкта. Використання низькорівневого програмного забезпечення в поєднанні з відсутністю обізнаності про ризики безпеки на рівні керівників істотно полегшує завдання для зловмисників.

Керівництво ядерних об'єктів, часто помиляючись, називає їх «повітряними зазорами» - повністю ізольованими від Інтернету. Це ненавмисне перекручення фактів. Велика частина комерційного програмного софту забезпечує підключення до Інтернету через віртуальні приватні мережі (VPN) або Інтранет. Ці сполуки часто залишаються незареєстрованими та їх не враховують при розгортанні програмного забезпечення або створення тимчасових інтернет-з'єднань для проекту. Крім того, правила ядерної галузі раніше звертали більше уваги на фізичну безпеку і захист, а не на забезпечення кібербезпеки. Слідство, було зроблено недостатньо для того, щоб зменшити кібер-ризик за допомогою стандартизованого контролю і заходів. Таким чином, всі ці фактори вимагають заходів щодо забезпечення безпеки ядерної установки через відповідні механізми запобігання та виявлення [2].

Потенційна загроза радіаційних аварій, шпигунства і саботажу, викликала розвиток широкого спектра заходів безпеки і керівних принципів, спрямованих на запобігання катастрофічних наслідків. Пропонується йти далі, через створення механізмів безпеки для підтримки динаміки ядерних установок і підготуватися до можливих майбутніх атак. Також рекомендується дотримання стандартів і кращих практик для вимірювання ризиків безпеки в атомній промисловості, яка в кінцевому підсумку допоможе поліпшити не тільки безпеку, але і розуміння ризиків на рівні виконавчого керівництва. Однак, кібер-безпеку АЕС як і раніше вважається в ранній фазі розвитку. У той час, як сучасні дослідження визначили необхідність захисту АЕС від кібератак, ця інформація дуже обмежена, і не дає повного уявлення про управління загрозами безпеці. Основна проблема, як видається, це відсутність методів і механізмів для виявлення загроз, які б включали найостанніші тенденції в цій області.

Перелік посилань:

1. Бейлон, Керолайн, Роджер Брант. Кібербезпека в цивільних ядерних об'єктах: Розуміння ризиків. Лондон: Королівський інститут міжнародних справ Chatham House, 2015.
2. IAEA Nuclear Security Series № 13, № 17

Магістрант 1 курсу, гр. ТЗ-91мп Коврігін В.В.
Асист., Остапенко І.А.

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ НЕСАНКЦІОНОВАНИХ ДІЙ З ЯДЕРНИМИ ТА РАДІОАКТИВНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Одним з основних завдань при виробленні електроенергії на атомних станціях є забезпечення безпечної експлуатації ядерних установок на кожному етапі виробничого циклу. Але з іншого боку необхідно забезпечити і захищеність ядерних установок від можливих потенціальних атак [1].

Сучасний період для нашого світу характерний тим, що соціально-економічні та політичні зміни в країнах відбуваються в складних та напружених умовах. Разом з позитивними моментами мають місце факти, що несуть загрозу для країн, в тому числі в області атомної енергетики.

Тенденція негативних явищ в економіці, нестабільність в політиці, наявність регіональних проблем, високий рівень злочинності напругу впливають на забезпечення безпечного функціонування атомних електростанцій. Тому зараз такі проблеми, як боротьба з ядерним шантажем та тероризмом, диверсіями на ядерних установках, запобігання несанкціонованих дій у відношенні до ядерних та радіоактивних матеріалів стають реальними та займають одне з провідних місць.

Злочинні дії щодо об'єктів атомної енергетики можуть реалізовуватися як ззовні, так і всередині цих об'єктів. Відповідно ефективна протидія – одна з вимог забезпечення ядерної захищеності. Ця протидія повинна базуватися на взаємодію між державного рівня з мірами експлуатуючої організації атомної електростанції та бути направленими на створення надійного фізичного захисту атомної електростанції.

В якості засобів виявлення несанкціонованого переміщення ядерних або радіоактивних матеріалів до системи фізичного захисту на об'єктах відноситься лише порталні монітори. Основна проблема полягає в тому, що вони знаходяться лише на контрольно-пропускних пунктах і в такому випадку сигнал тривоги вразі несанкціонованих дій буде формуватися лише на межі захищеної зони. Це дає можливість внутрішньому правопорушнику підвищити ймовірність успіху викрадення ядерного або радіоактивного матеріалу та буде означати, що ймовірність нейтралізації буде надзвичайно низькою.

Метою даної роботи є модернізація існуючого комплексу інженерно-технічних засобів (КІТЗ) для виявлення несанкціонованого переміщення ядерних або радіоактивних матеріалів за межі життєво важливих місць та технологічних приміщень. Для цього запропоновано включити технологічну систему радіаційного контролю (СРК) до складу КІТЗ. Такий підхід дозволяє на ранніх стадіях виявити несанкціоноване переміщення ядерних та радіоактивних матеріалів за рахунок впливу іонізуючого випромінювання на датчики СРК. Такий вплив на СРК буде формувати відповідний сигнал тривоги на пульті фізичного захисту, що дозволить збільшити кількість точок раннього виявлення та значно підвищити ймовірність нейтралізації правопорушника.

Перелік посилань:

1. Закон України Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання від 19.10.2000 № 2064-III URL: https://kodeksy.com.ua/pro_fizichnij_zahist_yadernih_ustanovok_yadernih_materialiv_radioaktivnih_vidhodiv_inshih_dzherel_ionizuyuchogo_viprominyuvannya.htm.

УДК 621.039.

Магістрант 1 курсу, гр. ТЗ-391мп Колпаков П.С.
Асиситент, Серафін Р.І.

РЕКОНСТРУКЦІЯ ТА ТЕХНІЧНЕ ПЕРЕОСНАЩЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

Система фізичного захисту (СФЗ) – це сукупність правових, організаційних та інженерно-технічних заходів призначених для створення умов, які б унеможливили несанкціоноване вилучення і викрадення радіоактивних відходів та джерел іонізуючого випромінювання, а також забезпечували б умови для нерозповсюдження ядерної зброї і ядерного тероризму [1-2].

Комплекс інженерно-технічних засобів системи фізичного захисту (далі - КІТЗ) є складовою частиною системи фізичного захисту об'єкта. КІТЗ забезпечує максимально можливе зменшення впливу людського фактора на ефективність виконання системою фізичного захисту своїх завдань

КІТЗ включає в себе автоматизовану інформаційно-управляючий комплекс технічних засобів та інженерні засоби.

До складу АКТЗ входять:

1. технічні засоби АКТЗ;
2. центральний пульт фізичного захисту, на випадок неспроможності ЦПФЗ виконувати свої функції в складі АКТЗ має бути резервний пульт фізичного захисту;
3. програмне забезпечення АКТЗ.

Метою проведення технічного переоснащення, реконструкції та модернізації комплексу ІТЗ СФЗ є постійна підтримка системи на рівні що відповідає характеристикам правопорушника описаним в об'єктовій проектній загрозі, та її постійна готовність до виявлення, затримання, реагування та пом'якшення наслідків неправомірних дій.

Одним з найважливіших інструментів забезпечення міжнародного режиму нерозповсюдження ядерної зброї, а також зменшення загрози ядерного тероризму є фізичний захист ядерних матеріалів і ядерних установок. Ефективність СФЗ в значній мірі визначається складом і якістю інженерно-технічних засобів фізичного захисту.

Перелік посилань:

1. Вимоги до комплексу інженерно-технічних засобів системи фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання. Наказ Держатомрегулювання від 05.12.2011 № 176, зареєстрований в Мін'юсті 23.12.2011 № 1505/20243;
2. Конвенція про фізичний захист ядерного матеріалу та ядерних установок. (Україна підписала Конвенцію 05.08.1993);
3. Закон України «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання» від 19.10.2000 р. № 2064.
4. «Порядок експлуатації інженерно-технічних засобів систем фізичного захисту ядерних установок, об'єктів, призначених для поводження з радіоактивними відходами, іншими джерелами іонізуючого випромінювання»

Магістрант 1 курсу, гр. ТЗ-91мп Мельник А.І.
Ст. викл., к.т.н. Бібік Т.В.

РОЗРОБКА МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ФІЗИЧНОГО ЗАХИСТУ ПУНКТУ ЗАХОРОНЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ

Пункт Захоронення Радіоактивних Відходів (ПЗРВ "Буряківка") почав свою експлуатацію з 1987 року та створений в перші місяці робіт по ліквідації наслідків Чорнобильської аварії. Відстійник "Буряківка" – це велике поле, огорожене парканом, де розміщується приблизно 30 траншей з закопаними радіоактивними матеріалами. Там ж розташований майданчик з "брудною" технікою, яка брала участь при ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС [1].

На сьогодні в могильнику вже поховано більше 1,3 мільйона тонн радіоактивних відходів (техніка ліквідації аварії, конструкції та матеріали ЧАЕС та інше).

Актуальність теми полягає в розробці та обґрунтуванні нових рішень з реконструкції СФЗ що дозволять забезпечити неперевикнення допустимих рівнів поточного та потенційного опромінення людини, пов'язаних із впливом ПЗРВ "Буряківка", у тому числі, на довготривалий період.

ПЗРВ "Буряківка" призначений для захоронення низько- і середньоактивних радіоактивних відходів, в тому числі довгоіснуючих тому фізичний захист повинен відповідати III рівню фізичного захисту.

Вся територія ПЗРВ "Буряківка" з метою запобігання доступу на територію сторонніх осіб й забезпечення збереження РАВ загорожена колючим дротом [2]. Майданчик тимчасового зберігання РАВ досі окремого загороження не має, тому додатково на майданчику планується здійснити додаткові заходи, а саме:

- а) інженерне облаштування окремого майданчика у вигляді огорожі;
- б) систему освітлення майданчика та маршрутів руху до нього з метою виконання контролю за розміщеними на майданчику упаковках (контейнерах) з РАВ;
- в) систему відеоспостереження за прилеглою територією, яка дозволить здійснювати контроль руху спецавтотранспорту, переміщення персоналу, а також контроль роботи навантажувально-розвантажувальних механізмів. Монітори системи відеоспостереження будуть встановлені в приміщенні охорони, яка забезпечує безперервне спостереження за станом фіззахисту об'єкту.

Заходи що діють сьогодні не у повному об'ємі відповідають вимогам законодавства. Зокрема, огороження периметру ПЗРВ не є суцільним. Необхідно встановити паркан, який відповідатиме вимогам до III рівня фізичного захисту з урахуванням Проектної загрози.

Забезпечення фізичного захисту є обов'язковою умовою для отримання дозволу на провадження діяльності у сфері використання ядерної енергії, саме тому необхідно розробити проект модернізації системи фізичного захисту відповідно до вимог норм і правил фізичного захисту і реалізувати його до початку прийому радіоактивних відходів на ПЗРВ.

Перелік посилань:

1. Пасюк О. Неможливо впоратись. Поводження з радіоактивними відходами в Україні після аварії на Чорнобильській АЕС. Електрон. текст, Київ, 2017.
URL: https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2018/04/NuclearWesteA4_UA_web.pdf.

2. Могильник техніки Чорнобиля [Електронний ресурс]-
URL: <https://kiyavia.com/articles/kladbise-tehniki-cernobylya>.

УДК 621.039.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЗ-92мп Терзі В.А.
Ст. викл., к.т.н. Клевцов С.В.

АКТУАЛЬНІСТЬ ОБЛІКУ ТА КОНТРОЛЮ ЯДЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ В ПИТАННЯХ ФІЗИЧНОГО ЗАХИСТУ ЯДЕРНОГО МАТЕРІАЛУ

Україна з перших днів незалежності приділяла особливу увагу створенню нормативно-правового поля з фізичного захисту ядерних та інших радіоактивних матеріалів та причетних до них установок. Згідно правил розроблених відповідно до Положення про державну систему обліку та контролю ядерних матеріалів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 18.12.96 N 1525 (1525-96-п) (у редакції постанови Кабінету Міністрів України від 25.03.2009 N 257) (257-2009-п) про державну систему обліку та контролю ядерних матеріалів [1-2].

Облік здійснюється за вагою ЯМ: для урану, плутонію - у грамах, для торію - у кілограмах. Державному обліку підлягають ЯМ у будь-якому фізичному стані або хімічних сполуках, крім: ЯМ, що містяться в руді під час її видобутку або обробки; плутонію з концентрацією ізотопу плутонію-238, яка перевищує 80%; джерела іонізуючого випромінювання, що містять плутоній-239 і звільнені від регулюючого контролю за активністю; виробів, на які у початкових документах відсутні дані про кількість ЯМ, а вагові значення, отримані за довідковими даними чи за результатами розрахунків, є значно меншими за 1 грам і округлюються до нуля за правилами математичного округлення; виробів, вага ЯМ у яких за даними початкових документів менша за 1 грам і округлюється до нуля за правилами математичного округлення.

Облік ведеться відповідно до розробленої ліцензіатом інструкції з обліку та контролю ЯМ, яка визначає:

- персонал, який здійснює ведення системи обліку та контролю ЯМ;
- порядок надання інформації до Держатомрегулювання України;
- опис і порядок заповнення облікових і звітних документів; процедуру одержання та відправлення ЯМ;
- процедуру визначення фактично наявної кількості ЯМ під час проведення фізичної інвентаризації;
- систему ведення та обробки інформації з обліку ЯМ;
- порядок розслідування аномалій.

Проблематика фізичного захисту обліку та контролю ядерних матеріалів є досить актуальною в Україні і ця діяльність потребує подальшого вдосконалення, як на рівні нормативно-правового забезпечення, так і на рівні практичного застосування.

Перелік посилань:

1. Про затвердження правил фізичного захисту ядерних установок та ядерних матеріалів наказ Державного комітету ядерного регулювання України від 4 серпня 2006 року № 116 Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2006 р. за № 1067/12941
2. Положення про державну систему обліку та контролю ядерних матеріалів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 18.12.96 N 1525 (1525-96-п) (у редакції постанови Кабінету Міністрів України від 25.03.2009 N 257) (257-2009-п).

УДК 621.039.

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-61 Іванова М.В.
Ст. викл., к.т.н. Бібік Т.В.

ЛІДЕРСТВО ЯК СТРАТЕГІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИСОКОГО РІВНЯ КУЛЬТУРИ ЗАХИЩЕНОСТІ

Культура захищеності- характеристика діяльності організацій та поведінки окремих осіб, яка свідчить, що захищеності ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання приділяється увага з урахуванням значущості такої захищеності для забезпечення ядерної та радіаційної безпеки та вимагає від експлуатуючих організацій забезпечення належного рівня культури захищеності на всіх етапах життєвого циклу ядерної установки [1].

Організаційна структура НАЕК «Енергоатом» є складною, з системою управління функціональних підрозділів за відповідними напрямками. Безпосередньо на АЕС структура наближена до типової, з інтегрованою системою управління. До керівних посад висувається безліч управлінських питань, які він не в змозі вирішувати самостійно через їх специфіку і обмеженість досвіду і часу. Тому, є необхідність в делегуванні повноважень підлеглим за відповідними напрямками, які мають знання, досвід та зацікавленість брати участь в управлінні. Таким чином створюється лідер в межах ланок управління [2].

Зв'язок лідерства і культури захищеності тісно пов'язані між собою, так як підлеглі бачать, як керівник розставляє пріоритети і як він їх дотримується. Також, до важливих факторів відноситься ставлення керівника до підлеглих, підтримка їхніх ініціатив, ступеня довіри самостійних рішень та бажання керівника розвивати у співробітників необхідні компетенції.

Одним із фундаментальних принципів культури захищеності при роботі з персоналом є: дотримання принципів культури захищеності шляхом підбору, навчання та підвищення кваліфікації керівників та персоналу. Досвід експлуатації АЕС показує, що виникнення інцидентів в багатьох випадках пов'язано з поведінкою людей [3-4].

Керівництво- це перш за все робота з персоналом, яка є пріоритетною для кожного керівника. В сучасному менеджменті персонал підприємства є найголовнішим ресурсом, який забезпечує успіх компанії. Тому керівник має бути не лише адміністративною одиницею вищої ланки, а і неформальним лідером, який реалізує потенціал підлеглих, стане для них прикладом в дотриманні правил охорони праці, і вплине на поведінку персоналу так, щоб вона відповідала цілям організації і корпоративній культурі.

Перелік посилань:

1. Закон України «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання», стаття 1.
2. Саворона В. НАЕК Енергоатом//культура захищеності.- 2019.-с75-156
3. Бриль С. НАЕК Енергоатом//культура захищеності.- 2019.-с34-156
4. Выборнов С. НАЕК Енергоатом//культура захищеності.- 2019.-с18-156

Master 5 курсу, гр. ТЯ-91МП Maslyha Y.O.
Sen. lect., cand.eng.sc. Bibik T.V.

MEASURES TAKEN BY THE OPERATING ORGANIZATION TO PREVENT AND IDENTIFY INSIDERS

The term ‘insider’ is used to describe an adversary with authorized access to a nuclear facility, a transport operation or sensitive information.

Insider threats present a unique problem. Insiders could take advantage of their access, complemented by their authority and knowledge of the facility, to bypass dedicated physical protection elements or other provisions such as safety, nuclear material control and accountancy, and operating measures and procedures.

Further, as individuals having authorized access and with positions of trust, insiders could be capable of defeating methods not available to outsiders. They are the most dangerous for the safety of nuclear power plants, so it is necessary to constantly improve measures for the prevention and detection of insider.

The objective of the operating organizations to provide general guidance on identifying potential targets for unauthorized removal of nuclear material and sabotage, with a focus on targets attractive to insiders.

This paper describes an approach to countering the insider threat and recommends some specific preventive measures and protective measures.

The overall approach consists of implementing several layers of defence, including both administrative aspects (procedures, instructions, administrative sanctions, access control rules, confidentiality rules) and technical aspects (multiple protection layers fitted with detection and delay) that insiders would have to overcome or circumvent in order to achieve their objectives.

Malicious acts can be detected by means of security sensors, personnel surveillance and/or monitoring of operational processes. Detection of malicious acts committed by insiders is more difficult. Insiders may be able to bypass many detection measures, owing to their access or by other available means. Therefore, protection measures in respect of insider threats should focus on the detection of insiders both during acts and during preparatory (unauthorized) acts such as the manipulation of safety equipment or the falsification of records [1].

To be effective, detection must be assessed. It may be difficult to assess properly and quickly the nature of an act committed by an insider. This difficulty may seriously weaken the ability to respond in a timely manner.

Physical protection systems are intended to prevent unacceptable consequences arising from malicious acts. The more serious the potential consequences, the more important it is to have a high degree of confidence that physical protection systems will be effective as planned.

References:

1. Preventive and protective measures against insider threats: implementing guide. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2008.

УДК 621.039.

Данілов І.В., магістрант гр. ТЗ-391мп
Ст. викл., к.т.н. Бібік Т.В.

РОЗВИТОК УКРАЇНСЬКОЇ ПЛАТФОРМИ ДИСТАНЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ ФІЗИЧНОГО ЗАХИСТУ

Відповідно до Закону України «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання» державна політика з фізичного захисту провадиться на засадах створення державної системи професійної підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації фахівців з фізичного захисту та визнання пріоритету культури захищеності [1].

Розуміючи важливість створення системи професійної підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації фахівців з відривом від робочих місць, МАГАТЕ започаткувало цілий ряд курсів дистанційного онлайн-навчання різних рівнів - від новачка до експерта. Вони охоплюють широке коло тем: від ядерної енергії до безпеки та фізичної безпеки; і від гарантій до ядерних технологій та їх застосувань.

Аудиторія цих курсів передбачає включення всього персоналу підприємств, установ та організацій, що мають обов'язки та функції з ядерної безпеки. Сюди входять, але не обмежуються ними: органи національної безпеки, регулюючі органи, національні координатори ядерної безпеки, правоохоронні органи, митниця, органи розвідки та безпеки, оператори, організації технічної підтримки, організації освіти і навчання та центри підтримки ядерної безпеки.

Але багато курсів викладаються іноземною мовою та не адаптовані до Українського законодавства, що є важливим фактором у навчанні спеціалістів.

Розвиток української платформи дистанційної системи професійної підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації фахівців у галузі фізичного захисту матиме такі переваги як:

- Доступність і відкритість навчання - можливість вчитися віддалене від місця навчання, не покидаючи свій будинок або офіс. Це дозволяє сучасному фахівцеві вчитися практично все життя, без спеціальних відряджень, відпусток, поєднуючи з основною діяльністю;
- Дистанційне навчання дешевше звичайного навчання, в першу чергу за рахунок зниження витрат на переїзди, проживання в іншому місті, зниження витрат на організацію самих курсів;
- Дистанційне навчання надає можливість навчання більшій кількості людей, підвищується інтерес до навчання, підвищує продуктивність навчання, дозволяє вчитися тоді, коли це необхідно, привертає людей різних вікових груп.
- Документування процесу навчання - у студента залишається сам курс навчання, електронне листування і він може звертатися до них пізніше, у міру необхідності.

Перелік посилань:

1. Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання: закон України від 19 жовтня 2000 р. №2064-III// Відомості Верховної Ради України. – 2001. N 1. Ст.1

УДК 621.039.

Журавель Д.В., магістрант гр. ТЗ-392мп
Асистент, Остапенко І.А.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ ФІЗИЧНОГО ЗАХИСТУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ

Відповідальний ліцензіат визначає та створює систему фізичного захисту ядерних матеріалів при їх перевезенні на етапі підготовки до перевезення, забезпечує її безперервне функціонування на етапах завантаження, відправки, транспортування, розвантаження ядерних матеріалів і припиняє функціонування системи після передачі ядерних матеріалів вантажоодержувачем [1].

Основними критеріями для забезпечення безперервного функціонування комплексу інженерно-технічних засобів системи фізичного захисту при конкретному перевезенні на вищезгаданих етапах полягає у:

- обладнанні транспортного засобу і диспетчерського пункту засобами визначення місцезнаходження транспортного засобу;
- забезпеченні засобами надійного зв'язку осіб, які беруть участь у транспортуванні, відповідно до розподілу їх обов'язків;
- обладнанні транспортного засобу засобами виявлення та оцінки сигналу тривоги, індикації втручання, фізичними бар'єрами в місцях можливого проникнення правопорушників до упаковок, контейнерів з ядерними матеріалами.

Інженерно-технічні засоби системи фізичного захисту повинні зберігати працездатність в умовах надзвичайних і кризових ситуацій та піддаватися дезактивації.

Для забезпечення контролю за станом інженерно-технічними засобами системи фізичного захисту може використовуватися (наприклад) локальна інформаційна мережа.

Локальна інформаційна мережа забезпечить визначення й передачу на диспетчерський пункт наступних даних про транспортний засіб з ядерними матеріалами чи іншими радіоактивними матеріалами:

- стан датчиків, установлених на об'єкті (транспортному засобі);
- відеоспостереження та оцінки сигналу тривоги;
- забезпечення оброблення, аналіз та архівування інформації, що надходить до бази даних системи фізичного захисту конкретного перевезення, про функціонування комплексу інженерно-технічних засобів або його складових.

Для забезпечення безперервного контролю за місцезнаходження транспортного засобу з ядерними матеріалами в реальному часі диспетчерський пункт та й сам транспортний засіб оснащується GPS приймачем. GPS приймач повинен забезпечити шифрування даних, що передаються.

Локальна інформаційна мережа повинна живитися від двох незалежних промислових джерела з напругою 220 В та оснащена автономними акумуляторами, що повинно забезпечити роботу даної мережі в автономному режимі та на всьому маршруті слідування.

Перелік посилань:

1. Наказ Державного комітету ядерного регулювання України від 28.08.2008 N 156 «Загальні вимоги до системи фізичного захисту ядерних матеріалів при перевезенні»

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ З ТЕХНІЧНОГО ПЕРЕОСНАЩЕННЯ СИСТЕМ ФІЗИЧНОГО ЗАХИСТУ

На сучасному етапі розвитку індустрії систем фізичного захисту повернення інвестицій є однією з найбільш обговорюваних концепцій, але найменш зрозумілою. Належно обґрунтована і прорахована рентабельність інвестицій у системи фізичного захисту може бути потужним інструментом для фахівців з фізичного захисту у конкуренції за обмежені ресурси компанії [1].

Інвестиції в безпеку можуть мати два види повернень: покращення рівня безпеки та покращення фінансових результатів. Фахівці з безпеки звикли робити висновки на очікуваних результатах від поліпшення безпеки, при цьому не акцентуючи увагу на тому, як поліпшення безпеки може сприяти прибутковості інвестицій у фізичний захист.

Створюючи бізнес-кейс для інвестицій у технології безпеки, необхідно чітко відобразити витрати та вигоди, а також представити результати в переконливих фінансових розрахунках. Знання того, як оцінити необхідність інвестицій у фізичний захист та прогнозований прибуток таким чином, щоб це було зрозумілим особам які не знаються на особливостях фізичного захисту, але відповідальні за прийняття рішень, можуть мати вирішальне значення в розподілі фінансових ресурсів як на державному рівні, так і на рівні організації [2].

Оскільки організації історично розглядали безпеку як необхідні витрати для зменшення ризику та уникнення втрат, важливо допомогти керівництву побачити її фінансове значення. Визнання та кількісна оцінка цінності фізичного захисту допомагає краще визначити пріоритети інвестицій у нього.

У доповіді розглядаються питання повернення інвестицій у сфері безпеки, і пропонується простий алгоритм для підготовки та розрахунків основних показників рентабельності інвестицій у технології безпеки. Її цільова аудиторія включає фахівців з фізичного захисту та інших осіб, які прагнуть зрозуміти можливу фінансову віддачу у сфері фізичного захисту.

Доповідь має за мету запропонувати підґрунтя для подальших досліджень у сфері визначення рентабельності інвестицій у системи фізичного захисту, а також сприяти удосконаленню методологічних підходів до визначення високоцінного проекту у сфері безпеки за допомогою всебічного підходу до оцінки переваг, які він надає.

Перелік посилань:

1. Reniers, G.L.L., Van Erp, H.R.N., 2016. Operational Safety Economics. A Practical Approach Focused on the Chemical and Process Industries. John Wiley and sons, Chichester (UK)
2. Garvey, P.R., 2009. Analytical Methods for Risk Management. Chapman and Hall/CRC Press, Boca Raton, FL, USA

РОЛЬ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ ФІЗИЧНОГО ЗАХИСТУ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ БЕЗПЕРЕРВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ

В зв'язку з загостренням ситуації на сході нашої країни і агресії з боку Росії, Україні потрібно звернути увагу і докласти зусиль для забезпечення охорони об'єктів критичної інфраструктури. Неможливо виключати можливість диверсії або терактів на об'єктах критичної інфраструктури, диверсія або аварія на яких може привести до неприйнятних наслідків. Для протидії цьому створюється система фізичного захисту.

Система фізичного захисту створюється, виходячи з принципів [1]:

- глибокоешелонованого захисту;
- диференційованого підходу;
- збалансованого захисту;
- мінімальних наслідків при відмові одного елемента системи.

Глибокоешелонований захист - принцип, згідно з яким правопорушнику для виконання своєї задачі необхідно послідовно подолати або обійти численні подібні або різні перешкоди та методи фізичного захисту (конструкційні, інженерно-технічні, кадрові та організаційні) [1].

Розглянемо більш детально ІТЗ СФЗ. Законодавство України [1] визначає ІТЗ СФЗ як «фізичні бар'єри, технічні засоби і пристрої, що застосовуються в системі фізичного захисту ядерної установки та ядерні матеріалів, включаючи їх перевезення». На даний момент однією із актуальних проблем, яку доки не вирішено на об'єктах критичної інфраструктури - це диверсія за допомогою БПЛА (дронів). За допомогою БПЛА можливо занести/винести на територію об'єкту який знаходиться під охороною вибухові пристрої, зброю, хімічні та радіоактивні матеріали. На даний час на більшості об'єктів критичної інфраструктури відсутні системи протидії та відстеження БПЛА, але ці системи вкрай необхідні на всіх об'єктах. Для надійного захисту потрібен комплексний підхід який включатиме як системи виявлення БПЛА так і системи нейтралізації. На сьогоднішній час високоякісні системи, які є в наявності на ринках України, в більшості іноземного виробництва (DJI, DEDRONE, BLADE, та інші) [2, 3].

Необхідно розробити нові плани та технології захисту об'єктів критичної інфраструктури, які будуть відповідати сучасним загрозам, використовуючи сучасний світовий досвід використання систем протидії загрозам за допомогою БПЛА.

Перелік посилань:

1. Про затвердження правил фізичного захисту ядерних установок та ядерних матеріалів наказ Державного комітету ядерного регулювання України від 4 серпня 2006 року № 116 Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2006 р. за N 1067/12941
2. DroneUA [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Drone.UA family. – Режим доступу: www.store.drone.ua
3. СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ от ДРОНОВ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – dronov.net.ua 2018. – Режим доступу: www.dronov.net.ua.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-91мп Мамчич Ю.Р.
Ст. викл., к.т.н. Бібік Т.В.

АНАЛІЗ БАР'ЄРІВ ТА ПЕРЕШКОД НА ШЛЯХУ МІЖНАРОДНОГО СПІВРОБІТНИЦТВА В ЯДЕРНІЙ КРИМІНАЛІСТИЦІ

Великі кордони та глобалізація створили світ, де неправильне керування чи втрачені ядерні матеріали становлять серйозні ризики для безпеки, якщо їх не перевіряти. В 21 столітті жодна держава не може ефективно боротися з незаконним обігом ядерних, радіологічних чи інших небезпечних матеріалів ізольовано, навіть на місцевому рівні, без міжнародного співробітництва.

Технічна інфраструктура ядерної криміналістики сильно залежить від постійних і частих візитів регіональних та міжнародних технічних експертів до інших країн. Тому, потрібно створити спільні тренінги, де ядерні експерти даватимуть інструктаж іншим експертам про належні криміналістичні процедури та методи. Це дозволять передати більш широкий досвід, створити більш безпечне середовище ядерної безпеки. Експерти обмінюються знаннями та досвідом планування реагування, питання незаконного обігу ядерної зброї та методів розширення ядерно-криміналістичних можливостей [1].

Існують бар'єри, які перешкоджають належній співпраці в ядерній криміналістиці між країнами. Однією з таких проблем є загальне небажання деяких держав оприлюднювати інформацію, важливу для судових розслідувань.

Другою проблемою для криміналістичної співпраці є необґрунтований міф про те, що юридичні фактори в інших країнах неминуче перешкоджають криміналістичній співпраці. Існує мало правових бар'єрів, які перешкоджають криміналістичній співпраці в інших країнах. В інтересах держав, було б добре брати участь або встановлювати регіональні або двосторонні угоди, які мають належну правову базу для більш ефективного обміну інформацією або засобами, що стосуються ядерної криміналістики. Одним із відомих прикладів такого підходу є регіональна співпраця Грузії, України, Азербайджану та Молдови з питань регіональної співпраці в ядерній криміналістиці. Мережа ядерних лабораторій у країнах Молдови створена таким чином, щоб вони могли обмінюватися своїми можливостями аналізу, тим самим уникаючи необхідності дублювання цих установок у кожній країні. Це загальні дії або цілі, які повинні бути досягнуті для усунення перешкод для обміну інформацією в ядерній криміналістиці.

Третім найбільшим бар'єром для правильного використання ядерної криміналістики на національному та міжнародному рівнях є відсутність у певних державах спроможності належним чином задовольнити нагальні потреби ядерної криміналістики та безпеки. Держави з більш розвиненим органом ядерної безпеки повинні зосередитись на співпраці із зацікавленими державами щодо нарощування потенціалу та вдосконалення обміну інформацією.

Ядерна криміналістика може стати потужним інструментом міжнародної ядерної безпеки, хоча є бар'єри, що перешкоджають повному потенціалу міжнародної співпраці з ядерної криміналістики. Розвиток ядерної криміналістики надає державам нові можливості для кращого зміцнення технічної інфраструктури, правової та регуляторної бази та людського капіталу.

Перелік посилань:

1. IAEA. "Development of a National Nuclear Forensics Library: A System for the Identification of Nuclear or Other Radioactive Material out of Regulatory Control." Vienna, Austria: IAEA, 2018. <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TDL009web.pdf>.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЗ-91мп Матковський А.В.
Асист., Остапенко І.А.

ПОЛІПШЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТА КОМП'ЮТЕРНОЇ БЕЗПЕКИ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Розглянемо одну з подій, яка є істотною для ядерної фізичної безпеки. Шкідливе ПО в диспетчерських комп'ютерах на АЕС Монджой (Японія) (2014 року). 2 січня (2014 року) був зламаний один з восьми комп'ютерів в диспетчерській. ІТ Адміністрація виявила, що був здійснений доступ з системи реакторного контролю більше 30 разів на наступні 5 днів, після того як один із співробітників оновив безкоштовний додаток на одному з пристроїв на заводі. Більше 42,000 електронних поштових повідомлень і штатних звітів були доступні в зламаній системі на атомній електростанції [1].

Експерти з безпеки, які розслідують інцидент, прийшли до висновку, що це була атака на основі шкідливого програмного забезпечення, можливе джерело зараження - оновлення ПЗ на зламаному пристрої, зловмисна система кодування викрала частину даних і передала їх командно-контрольному серверу, що знаходиться поза межами країни.

На сьогоднішній день на об'єктах критичної інфраструктури існує проблема з інформаційною та комп'ютерною безпекою [2].

Для поліпшення безпеки на всіх об'єктах критичної інфраструктури та забезпечення відповідності правилам і нормам чинним в Україні запропоновано основні шляхи для вирішення цієї проблеми [3].

Покращення безпеки можливо при реалізації одного з таких варіантів вирішення:

- 1) необхідно періодично виконувати оцінку безпеки;
- 2) проводити моніторинг операційних тенденцій, які вказують на проблеми пов'язані з безпекою комп'ютерних активів;
- 3) просування підвищеної культури безпеки та захищеності.

Виконання даних рекомендацій підвищить рівень інформаційної та комп'ютерної безпеки аналогічно до світових тенденцій країн-партнерів (Німеччина, Японія та інші).

Перелік посилань:

1. Tutănescu, Ion, Ass. Prof., Ph.D., Prof. Emil Sofron, Ph.D., Anatomy and Types of Attacks against Computer Networks, Department of Electronics and Computers, University of Pitești, ROMANIA

2. Основи Ядерної Фізичної Безпеки/ NSS 20 [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications]

3. Інформаційна захищеність/ NSS 23-G.

УДК 621.039.

Раєць М.Л., магістрант гр. ТЗ-з91мп
Асистент, к.ф.-м.н. Дубчак С.В.

ФОРМУВАННЯ ТА СТАНОВЛЕННЯ МІЖНАРОДНОГО РЕЖИМУ НЕРОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЯДЕРНОЇ ЗБРОЇ

Розповсюдження ядерної зброї - державними чи недержавними суб'єктами - є однією з найбільших загроз міжнародній безпеці сьогодні. Окремі зусилля Ірану щодо придбання ядерної зброї, рівнозначні північнокорейському ядерному шантажу та викриттю діяльності пакистанського вченого А. К. Хана щодо чорного ринку ядерної мережі чорного ринку підкреслюють далеко не віддалену можливість того, що якась терористична група чи так звана недобросовісна держава можуть придбати зброю масового знищення або матеріали для брудної бомби [1].

Проблема розповсюдження ядерної зброї є глобальною, і будь-яка ефективна реакція на дану проблему також повинна бути багатосторонньою. Дев'ять держав (Китай, Франція, Індія, Ізраїль, Північна Корея, Пакистан, Росія, Великобританія та Сполучені Штати), як відомо, мають ядерну зброю, а більше тридцяти інших (включаючи Японію, Німеччину та Південну Корею) мають непогану технологічну здатність швидко її (зброю) здобувати.

На тлі енергонезалежних витрат на енергію, супутнього поштовху до розширення ядерної енергетики, зростаючої стурбованості впливом викопних палив на навколишнє середовище та постійного розповсюдження наукових і технічних знань, є велика можливість зростання доступу до технологій подвійного використання.

Дедалі більше набуває важливості питання пошуку світового консенсусу щодо необхідності значного скорочення ядерної зброї, якщо не повного ядерного роззброєння. Наприклад, у квітні 2009 року під час своєї промови у Празі президент США Барак Обама зробив наголос на глобальних зусиллях в напрямку нерозповсюдження. Згодом, у вересні того ж року, Рада Безпеки ООН одноголосно прийняла Резолюцію 1887, в якій закликала прискорити зусилля щодо повного ядерного роззброєння. У грудні 2011 року кількість держав, які ратифікували Договір про всебічну заборону ядерних випробувань, збільшилася до 157, посиливши заклики до таких країн, як США, Ізраїль та Іран, виконувати відповідні вимоги [2-3].

Загалом сучасний глобальний режим нерозповсюдження є високорозвиненим прикладом міжнародного права. Однак, незважаючи на деякі помітні успіхи, багатосторонні інститути не змогли перешкодити таким державам, як Індія, Пакистан та Північна Корея, рухатися в "ядерному напрямку", і настільки ж погано вони оснащені для перевірки Ірану, а також виявленню потенційних загрози з боку недержавних терористичних груп. Саме тому поточний механізм співпраці повинен бути оновлений та зміцнений, щоб мати на меті ефективне подолання сьогоднішніх загроз розповсюдження, не кажучи вже про прокладення шляху до "миру та безпеки світу без ядерної зброї".

Перелік посилань:

1. Резолюція 1887 (2009), ухвалена Радою Безпеки на її 6191-му засіданні, 24 вересня 2009 року
2. Електронне посилання – www.iaea.org
3. Електронне посилання – www.cfr.org

Магістрант 5 курсу, гр. ТЗ-391мп Самсоненко А.В.
Асист. Остапенко І.А.

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИЩЕНОСТІ ДІВ

Диверсія щодо джерел іонізуючого випромінювання може призвести до неприйнятних радіаційних наслідків. Тому країни які здійснюють поводження з джерелами іонізуючого випромінювання мають здійснювати заходи для забезпечення їх збереження та захищеності. Одним із головних важелів в пливу є створення дієвої нормативно-правової бази з фізичного захисту джерел іонізуючого випромінювання (далі – ДІВ).

Держави-члени МАГАТЕ визнали необхідність розробки документу, який би містив рекомендації щодо забезпечення захисту окремих осіб, суспільства та оточуючого середовища від шкідливих ефектів в результаті можливих аварій і зловмисних актів, пов'язаних з ДІВ. Документ надає національним урядам керівництво з удосконалення законодавства і нормативів у сфері фізичного захисту ДІВ з метою:

- забезпечення безпеки поводження з джерелами та забезпечення їх збереження протягом і після закінчення терміну їх служби;
- встановлення ефективної національної законодавчої та регулюючої системи контролю, виходячи при цьому з того, що первинна відповідальність лежить на фізичних та юридичних особах, які мають дозвіл на використання джерел.

Україна передбачила в своїх нормативно-правових актах порядок забезпечення захищеності ДІВ -в Законах України [1, 2]. При аналізуванні підзаконних норм, прослідковується проблема – неурегульованість на рівні органу ядерної та радіаційної безпеки вимог до фізичного захисту джерел іонізуючого випромінювання.

Для вирішення даної проблеми перш за все необхідно розробити Правила фізичного захисту джерел іонізуючого випромінювання, як базового документа, на якій можна спиратися при забезпеченні фізичного захисту на об'єктах, які здійснюють поводження з джерелами іонізуючого випромінювання.

«До першочергових вимог фізичного захисту належать:...розроблення і виконання планів забезпечення фізичного захисту та планів взаємодії ліцензіатів, органів державної влади і сил допомоги ззовні у разі вчинення диверсії» [2].

План забезпечення фізичного захисту містить опис заходів, здійснення яких ліцензіатом забезпечує досягнення визначених законодавством цілей фізичного захисту. Проте вимог до Плану забезпечення фізичного захисту ДІВ ще не розроблено.

Відповідальність за порушення порядку визначення, створення та підтримку безперервного функціонування системи фізичного захисту ДІВ несе експлуатуюча організація, але вимог до системи фізичного захисту ДІВ так само на даний момент в Україні не розроблено.

Перелік посилань:

1. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку: закон України від 8 лютого 1995 р. №39/95-ВР// Відомості Верховної Ради України. – 1995. N 12. Ст.81.
2. Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання: закон України від 19 жовтня 2000 р. №2064-III// Відомості Верховної Ради України. – 2001. N 1. Ст.1

Старинщак В.В., магістранта 5 курсу ТЗ-92 М
Ст. викл., к.т.н. Клевцов С.В.

ОЦІНКА ВРАЗЛИВОСТІ ЯДЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ПІД ЧАС ЇХ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ТЕРИТОРІЄЮ УКРАЇНИ

Оцінка вразливості проводиться згідно наказу Державного комітету ядерного регулювання України № 169 «Про затвердження Порядку проведення оцінки вразливості ядерних установок та ядерних матеріалів» [1], відповідно до статей 13 і 25 Закону України "Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання", з метою забезпечення державного регулювання при здійсненні заходів з фізичного захисту [2].

Завданнями проведення оцінки вразливості є: виявлення вразливих цілей правопорушників; аналіз потенційних радіаційних наслідків вчинення протиправних дій щодо вразливих цілей правопорушників; оцінка ризиків; розроблення рекомендацій щодо приведення стану системи фізичного захисту ядерних матеріалів при їх перевезенні у відповідність до вимог чинного законодавства.

В процесі проведення оцінки вразливості ядерних матеріалів під час їх перевезення територією України, вивчаються та аналізуються характеристики ядерних матеріалів, упаковок, транспортних засобів; вивчає маршрут транспортування та аналізує його особливості; аналізує загрози ядерним матеріалам при їх транспортуванні; вивчає характеристики системи фізичного захисту перевезення та аналізує план взаємодії; розробляє сценарії дій правопорушників щодо ядерних матеріалів при їх транспортуванні; оцінює здатність системи фізичного захисту перевезення та плану взаємодії протистояти діям правопорушників, визначеним у сценаріях; оцінює ризики при транспортуванні; оцінює ефективність системи фізичного захисту перевезення; готує за необхідності рекомендації з удосконалення системи фізичного захисту перевезення [3].

В останні роки в Україні існує проблема накопичення відпрацьованого ядерного палива на майданчиках АЕС. У зв'язку з цим в чорнобильській зоні відчуження відбулося будівництво центрального сховища відпрацьованого ядерного палива, куди після початку експлуатації розпочнеться перевезення відпрацьованого ядерного палива з усіх майданчиків АЕС України. Саме тому гостро постає питання підвищення рівня фізичної ядерної безпеки ВЯП під час їх транспортування.

Мета роботи полягає в оцінці вразливості ядерних матеріалів та величини ризику несанкціонованого вилучення або диверсії під час перевезення територією України.

Проблематика фізичного захисту ядерних матеріалів під час транспортування з АЕС до СВЯП-2 є досить актуальною в Україні і ця діяльність потребує подальшого вдосконалення, як на рівні нормативно-правового забезпечення, так і на рівні практичного застосування.

Перелік посилань:

1. Про затвердження правил фізичного захисту ядерних установок та ядерних матеріалів наказ Державного комітету ядерного регулювання України від 4 серпня 2006 року № 116 Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2006 р. за № 1067/12941
2. Про затвердження Порядку проведення оцінки вразливості ядерних установок та ядерних матеріалів: Наказ Державного комітету ядерного регулювання України № 169 від 30.11.2010 // Офіційний вісник України. – 2010. - №100- с.165.
3. Наказ Державного комітету ядерного регулювання України № 164 від 23.11.2010 // Офіційний вісник України. – 2010. - №98- с.121

Магістрант 5 курсу, гр. ТЗ-391мп Строкаліс С.А.
Асист. Остапенко І.А.

ПРОГРАМА БЛАГОНАДІЙНОСТІ ПЕРСОНАЛУ НА ЯДЕРНИХ УСТАНОВКАХ ЯК ОДИН З ЕЛЕМЕНТІВ БОРОТЬБИ З ВНУТРІШНІМ ПРАВОПОРУШНИКОМ

Відповідно до Конвенції про фізичний захист ядерного матеріалу [1] держави-учасниці повинні підтримувати в усьому світі ефективний рівень фізичного захисту ядерного матеріалу та запобігати правопорушень, пов'язаних з таким матеріалом та установками в усьому світі, а також сприяти співробітництву поміж державами-учасницями у досягненні цих цілей.

Установки, на яких зберігаються і використовуються ядерні матеріали та інші радіоактивні матеріали, повинні враховувати загрозу з боку внутрішніх правопорушників. Внутрішні правопорушники можуть становити значну загрозу через отримані знання, доступ і повноваження.

Згідно міжнародним документам та рекомендаціям МАГАТЕ [3] компетентним органам рекомендується впроваджувати ефективну програму благонадійності персоналу, які так чи інакше використовують в своїй діяльності ядерні та радіоактивні матеріали.

Аналізуючи документи різних країн та рекомендації МАГАТЕ можемо прийти до висновку, що ефективна програма благонадійності в рази зменшить загрозу від внутрішнього правопорушника.

До проблематики внутрішнього правопорушника потрібно підходити інакше ніж до проблематики зовнішнього правопорушника. Необхідно впровадити систему «фільтрації» потенційних правопорушників до прийому на роботу.

В законодавстві України існує процедура отримання допуску до виконання особливих робіт відповідно до вимог постанови Кабінету Міністрів України від 25 грудня 1997р. № 1471 «Про затвердження Порядку проведення спеціальної перевірки для надання фізичним особам допуску до виконання особливих робіт на ядерних установках з ядерними матеріалами, радіоактивними відходами, іншими джерелами іонізуючого випромінювання» [2], але це можна рахувати лише як один з елементів ефективної програми благонадійності персоналу.

Впровадження такої програми в Україні матиме позитивний вплив на стан національної безпеки України, а також на зниження загрози неприйнятних радіаційних наслідків, вчинення диверсії щодо ядерних установок, ядерних та радіоактивних матеріалів.

Перелік посилань:

1. Конвенція про фізичний захист ядерного матеріалу та ядерних установок від 26 жовтня 1979 р. / *Офіційний сайт Верховної Ради України*. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/995_024.
2. Про затвердження Порядку проведення спеціальної перевірки для надання фізичним особам допуску до виконання особливих робіт на ядерних установках, з ядерними матеріалами, радіоактивними відходами, іншими джерелами іонізуючого випромінювання: постанова Кабінету Міністрів України від 25 грудня 1997 р. №1471// *Офіційний вісник України*. – 1997. - №52 – с. 146.
3. INFCIRC/908 - Електронний ресурс – Режим доступу: <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/documents/infcircs/2017/infcirc908.pdf>

Магістрант 5 курсу, гр. ТЗ-91мп Сушинська А.П.
Ст. викл., к.ф.-м.н. Хоменков В.П.

ПОСИЛЕННЯ ФІЗИЧНОЇ ЯДЕРНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ПОВОДЖЕННІ З ЯДЕРНИМ ПАЛИВОМ НА АТОМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЯХ

Кожна країна, яка генерує ядерну енергію та використовує ядерні технології, несе відповідальність за ядерну безпеку на національному та міжнародному рівні.

Важливим напрямком діяльності у сфері використання ядерної енергії є поведження з ядерним паливом, яке використовують для потреб ядерної енергетики та промисловості, в тому числі і його перевезення.

Ядерне паливо (з англ. nuclear fuel) - це ядерний матеріал, що здатний до поділу у вигляді спеціально виготовлених елементів, призначених для заправки в активну зону реактору АЕС або ж дослідницького реактору.

Оскільки перевезення ядерного палива здійснюється шляхами загального користування, тому обов'язковим є дотримання усіх вимог законодавства щодо транспортування ядерних матеріалів, задля недопущення впливу шкідливих факторів, притаманних радіоактивним матеріалам, на персонал, населення та довкілля [1].

Перевезення ядерного палива повинні здійснюватись виключно в транспортному пакувальному комплекті – це комплекс засобів, необхідних для забезпечення ядерної і радіаційної безпеки транспортування ядерного палива, що забезпечує його збереження та запобігання потраплянню радіоактивних речовин у навколишнє середовище. До складу транспортного пакувального комплексу можуть входити пенал, чохол, контейнер, пристрій для охолодження, теплова ізоляція, захист від механічних пошкоджень [2].

Для перевезення радіоактивних матеріалів повинна бути розроблена програма радіаційного захисту. Характер і масштаби заходів, що передбачаються в програмі, залежать від величини і ймовірності опромінення.

Для досягнення цієї мети застосовують адміністративні та технічні заходи – це ліцензування діяльності, що пов'язана з перевезення радіоактивних матеріалів, видача дозволів на міжнародні перевезення радіоактивних матеріалів, проведення інспекційних перевірок, затвердження конструкцій пакувальних комплектів та спеціальних умов перевезення радіоактивних матеріалів.

Ліцензування діяльності з перевезення радіоактивних матеріалів здійснюється на підставі Закону України «Про дозвільну діяльність у сфері використання ядерної енергії» [3].

Процедури переміщення ядерного палива мають забезпечувати виконання наступних вимог фізичного захисту:

- зведення до мінімуму кількості осіб, які беруть участь в операція з ЯП;
- недопущення до процесу здійснення робіт з ЯП сторонніх осіб;
- запобігання з боку осіб, що беруть участь в операціях з ЯП, вчиненню дій, направлених на здійснення диверсії або ж крадіжки.

Перелік посилань:

1. Постанова «Про порядок перевезення радіоактивних матеріалів територією України» № 1373 від 15.10.2004 року.
2. Наказ «Про затвердження Вимог безпеки під час поведження з ядерним паливом» № 833/33804 від 30.07.2019 року.
3. Закон України «Про дозвільну діяльність у сфері використання ядерної енергії» № 1370-XIV від 11.01.2000 року.

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ РЕАГУВАННЯ НА ПРОЯВИ АКТИВ ЯДЕРНОГО ТЕРОРИЗМУ

Ядерний тероризм - це вид тероризму, який використовує радіоактивні матеріали або ядерну зброю. Через високий ризик, який становлять радіоактивні матеріали, та потенційно великі втрати, які може спричинити такий напад, ядерному тероризму приділяється особлива увага. Ядерний тероризм іноді розуміється як залякування (шантаж) однієї країни іншою загрозою використання ядерної зброї [1].

Основний спосіб протидії ядерному тероризму - ретельний захист секретності ядерних розробок країнами, що підписали Договір про нерозповсюдження ядерної зброї.

Ще одним важливим кроком у запобіганні ядерного тероризму є обмеження доступу до матеріалів, що здатні ділитися, особливо до тих, що здатні до ланцюгової реакції. Тому ядерні держави зберігають в найсуворішій таємниці розташування спецховищ матеріалів, що здатні ділитися, і виробів з них.

Інший спосіб виключення можливості доступу терористів до сировини для виробництва високозбагаченого урану і плутонію - це зниження ступеня збагачення урану в ТВЕЛлах для АЕС, а також використання ядерного палива у вигляді оксидів, переробка яких в металевий уран або плутоній надзвичайно складна.

З метою виключення можливості використання втраченої, викраденої або захопленої ядерної зброї, ще в 1950-х роках в її конструкції були передбачені заходи, що спрямовані на усунення можливості несанкціонованого вибуху. У пізніших конструкціях безпека забезпечується ще кращим чином за рахунок складної форми обжимаючої системи [2].

За деякими даними, всі сучасні ядерні заряди мають засоби самоліквідації за рахунок підриву всередині невеликого за силою заряду вибухової речовини, що руйнує внутрішню структуру пристрою без розгерметизації його оболонки. Імовірно, самоліквідатор спрацьовує при спробах не тільки розтину заряду, але і при його переміщенні без санкціонуючого зовнішнього сигналу. Таким чином, можливість терористичного акту з використанням ядерного вибуху зведена практично до нуля [3].

Проте, через швидкий розвиток технологій методології реагування на прояви активів ядерного тероризму мають бути переглянуті, актуалізовані та вдосконалені. Наприклад, за допомогою дронів загрози здійснення терактів можуть зрости на території будь-якої країни. Незаконні збройні формування вдосконалюють дрони та способи їх застосування, і тому необхідно організувати протидію безпілотним літальним апаратам, а також вдосконалювати способи їх виявлення і знищення. Льотні характеристики дронів, які використовують терористи, поліпшуються, і це може стати викликом для спецслужб [4].

Також, зважаючи на розвиток програмного забезпечення та, відповідно, нові можливості кібератак на ядерні об'єкти, необхідно вдосконалити та актуалізувати методи протидії кібертероризму. Наприклад, кіберзлочинці можуть з метою терору населення організувати вивід цеху з ладу, або й навіть вибух АЕС. Також вони можуть отримати доступ до воєнних і державних конфіденційних даних або організувати витік секретної інформації у відкритий доступ.

Перелік посилань:

1. Міжнародна Конвенція про боротьбу з актами ядерного тероризму
2. Основи Ядерної Фізичної Безпеки/ NSS 20
3. Інформаційна захищеність/ NSS 23-G.
4. Стаття «Кібертероризм» <https://www.anti-malware.ru/threats/cyberterrorism>

УДК 621.039.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЗ-91мп Тарасюк Б.В.
Ст. викл., к.т.н. Бібік Т.В.

ПОСИЛЕННЯ ЗАПОБІЖНИХ ТА ЗАХИСНИХ ЗАХОДІВ ПРОТИ ВНУТРІШНІХ ЗАГРОЗ НА ЯДЕРНИХ ОБ'ЄКТАХ.

На сьогоднішній день можливості правопорушників (в тому числі і внутрішніх) стрімко збільшуються. Системи фізичного захисту різних об'єктів повинні встигати за цим розвитком, в ідеалі – попереджувати і передбачати можливі правопорушення [1, 2].

Внутрішні загрози є найбільш небезпечним видом загроз, оскільки їх найважче передбачити. Внутрішні правопорушники (інсайдери) мають санкціонований доступ, повноваження і специфічні знання, які можуть бути використані для подолання засобів фізичного захисту. Інсайдери можуть посідати будь-яку посаду на об'єкті: від найвищої до найнижчої.

Залежно від мотивації дії внутрішнього правопорушника можуть бути неправомірними спонтанними або навмисними і добре підготовленими. Дуже часто мотивацією інсайдера є бажання поправити своє фінансове положення, незадоволення своїм кар'єрним ростом, бажання помсти керівнику або колезі. Але зустрічаються випадки ідеологічного чи політично мотивованих інсайдерів [3, 4].

Особи з персоналу установки, які ніколи не були замішані у вчиненні будь-яких неправомірних дій, можуть стати внутрішніми правопорушниками в результаті застосування примусу до них чи до членів їх сімей.

Внутрішніх правопорушників відрізняє від зовнішніх те, що вони можуть вибирати час здійснення злочину, розтягувати неправомірну дію в часі (наприклад тривала крадіжка), мають певні повноваження на установці.

Перелік посилань:

1. Серія видань МАГАТЕ з ФЯБ №13
2. Серія видань МАГАТЕ з ФЯБ №20
3. NS Kyiv 15-16 October 2019
4. Insider Threat Mitigation

Магістрант 5 курсу, гр. ТЗ-91мп Шинкарчук Д.О.
Асист. Серафін Р.І.

РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ З ОЦІНКИ ВРАЗЛИВОСТІ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

В сучасному світі паралельно із широким розповсюдженням ядерних технологій виник новий спектр загроз пов'язаних із злочинним використанням ядерних та радіоактивних матеріалів.

Загрози заволодіння і незаконний обіг ядерними та радіоактивними матеріалами несуть небезпеку глобального розповсюдження, становлячи тим самим загрозу здоров'ю людей, довкіллю та безпеці суспільства. Зазначені матеріали також можуть бути використані для створення простих ядерних вибухових пристроїв, так званих «брудних бомб», пристроїв розпилювання радіації чи опромінюючих пристроїв [1].

Одним з основних елементів гарантії безпеки ядерних установок, ядерних матеріалів, об'єктів поводження з радіоактивними відходами та інших джерел іонізуючого випромінювання є фізичний захист. Основною метою фізичного захисту є захист інтересів національної безпеки, попередження та припинення диверсій, крадіжки або будь-якого іншого незаконного вилучення ядерного матеріалу, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання, зміцнення режиму нерозповсюдження ядерної зброї.

З урахуванням наведеного існує перманентна потреба у забезпеченні належного рівня захисту ядерних та радіоактивних матеріалів, пропорційного актуальним загрозам. Зазначене завдання може бути вирішене за рахунок проведення комплексної оцінки вразливості системи фізичного захисту на предмет її спроможності протидіяти існуючим загрозам [2].

У роботі представлено результати аналізу існуючих в світі основних методик оцінки вразливості системи фізичного захисту.

Перелік посилань:

1. Методичні рекомендації з оцінки ефективності систем фізичного захисту ядерних установок. *Ядерна та радіаційна безпека* : веб-сайт. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua> (дата звернення: 01.01.2020).
2. Рекомендации по физической защите ядерного материала. INFCIRC/225. МАГАТЭ, 1972.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЗ-391МП Стукалов Д.В.
Ст. викл., к.т.н. Клевцов С.В.

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАНЬ ЯДЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ НА АЕС З РЕАКТОРАМИ ТИПУ ВВЕР

Успішно вирішувати питання забезпечення фізичного захисту, обліку та контролю ядерного матеріалу неможливо без повної інформації про кількість ядерного матеріалу, який наявний у визначеному місці на певний момент часу. Тобто, визначення такої кількості є важливим завданням [1]. На даний момент в Україні для вирішення цього питання застосовується декілька методів визначення кількості ядерного матеріалу:

1. За обліковими документами.
2. Розрахунковим методом.
3. Вимірювання ядерного матеріалу.

Зважаючи на те, що більше 90% ядерного матеріалу на території України знаходиться у складі ядерного палива тепловиділяючих збірках (ТВЗ) для ядерних реакторів ВВЕР-1000, ВВЕР-440 та РБМК, розглянемо проблемні питання вимірювання ядерного матеріалу, який знаходиться у ТВЗ [2].

Виходячи з конструкційних особливостей ТВЗ, сучасними методами неруйнівного аналізу ядерного матеріалу складно отримати прийнятні результати (величину збагачення) в свіжому ядерному паливі та практично неможливо (через радіаційне випромінювання) провести точні вимірювання ядерного матеріалу у відпрацьованому ядерному паливі.

Проведені у 2007 році на Запорізькій АЕС роботи з вивчення можливостей використання сучасних методів неруйнівного аналізу ядерних матеріалів для вимірювання свіжого ядерного палива (вміст урану 235 в паливних збірках) реакторів ВВЕР-1000 в умовах АЕС показали, що без розбирання ТВЗ (вилучення твелів) вимірювання (визначення величини збагачення) можливо зробити тільки для першого та частково другого ряду твелів в ТВЗ. Таким чином, в поле зору детектора потрапляє повністю лише перший ряд твелів, частково другий, а всі наступні ряди дають вклад у вимірювання лише за рахунок самих крайніх твелів [3].

Виходячи зі світового досвіду, вимірювання ядерного матеріалу в ядерному паливі в умовах АЕС залишається одним з нагальних проблемних питань обліку та контролю ядерних матеріалів. І як висновок, у разі надходження на АЕС від заводу-виробника ядерного палива з відмінним від заявленим в супровідній документації збагаченням (такі випадки вже траплялись), весь подальший облік ядерного матеріалу (включаючи розрахунок напрацьованого плутонію у відпрацьованому паливі) буде вестись за заздалегідь невірною кількістю ядерного матеріалу. Зважаючи також на те, що визначення точної кількості ядерного матеріалу (вмісту урану 235 в паливних збірках) це також питання безпечної експлуатації АЕС, питання вимірювання ядерного матеріалу потребує всебічного розгляду та вирішення.

Перелік посилань:

1. «Положення про систему вимірювань ядерних матеріалів» (НП 306.7.120-2006).
2. Звіт «Вивчення можливостей використання сучасних методів неруйнівного аналізу ядерних матеріалів для вимірювання свіжого ядерного палива (вміст урану 235 в паливних збірках) реакторів ВВЕР-1000 в умовах АЕС» КІЯД НАНУ України.
3. «Типова програма вимірювань ядерних матеріалів на установках з реакторами типу ВВЕР» ПМ-Д.0.03.440-08.

Магістрант 6 курсу, гр. ТЗ-392мп Шовкалюк Ю.Г.
Асист., Серафін Р.І.

ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЕКТНОЇ ЗАГРОЗИ

Одними із найголовніших етапів побудови систем фізичного захисту ядерних об'єктів є визначення переліку загроз безпеці об'єкта та визначення моделі порушника [1].

Вхідною інформацією про перелік загроз, модель порушника, тощо, є «Проектна загроза», яка описує потенційних внутрішніх та зовнішніх порушників, які можуть намагатися здійснити несанкціоноване вилучення ядерних та інших радіоактивних матеріалів або здійснити акти саботажу. У подальшому саме вона стає підґрунтям для прийняття ряду послідовних управлінських рішень щодо вжиття організаційних та технічних заходів побудови СФЗ їх модернізації.

У зв'язку із змінами в нашій державі підходів щодо захисту об'єктів критичної інфраструктури, реформуванням органів – постачальників розвідувальної інформації, постає питання, на скільки «Проектна загроза» відповідатиме тим вимогам, які прийняті в ядерній енергетиці. Чи буде таке інформаційно-аналітичне забезпечення відповідати критеріям достовірності, своєчасності, відносності та повноти. Чи розкриватиме виділені зовнішні загрози (терористи, криміналітет, демонстранти), а також чи міститиме відомості про моделі внутрішніх порушників [2].

Таким чином, роботу спрямовано на визначення конкретних критеріїв, яким повинна відповідати вхідна інформація для розробки об'єктової проектної загрози. Серед них: категорія порушника; кількісний склад; обізнаність в питаннях уразливості ЯО, пропускнуго та внутрішньо-об'єктового режиму; підготовленість; технічна оснащеність; озброєння та наявність вибухових речовин; наявність зв'язків із працівниками об'єкту, їх характер, тривалість, підґрунтя; очікувана акція (вид, цілі, тактика дій); мета та наміри акції (крадіжка, диверсія, зупинка експлуатації, соціальні потрясіння, політична нестабільність, економічна шкода); мотивація (фінансова, політична, ідеологічна, персональна), відомості про аналіз акцій, які здійснювалися зовнішнім порушником раніше на інших об'єктах, тощо. Виділеними критеріями мають керуватися суб'єкти державної системи фізичного захисту при формування «Проектної загрози», яка стає підґрунтям для подальшого складення об'єктової проектної загрози.

Отже, вважається за доцільне розробити критерії та вимоги до інформаційно-аналітичного забезпечення об'єктової проектної загрози, що дасть змогу суб'єктам державної системи фізичного захисту, або захисту об'єктів критичної інфраструктури, в першу чергу СБУ, НП, ДПСУ, більш якісно забезпечувати інформаційні потреби ядерної енергетики. Відповідно, керівникам підрозділів фізичного захисту ядерних установок - приймати обґрунтовані управлінські рішення. Крім того, розробити пропозиції щодо змін порядку взаємодії та посилення горизонтальних в'язків між підрозділами фізичного захисту АЕС та підрозділами правоохоронних органів, які здійснюють їх забезпечення. Узгодити методологію отримання підрозділами ФЗ ЯУ такої інформації та проведення її оцінки; Розглянути можливий алгоритм та проблеми залучення приватних компаній для інформаційно-аналітичного забезпечення фізичного захисту об'єктів критичної інфраструктури.

Перелік посилань:

1. Публікація МАГАТЕ № 10 «Розробка, використання і супровід проектної загрози», режим доступу: <https://www.iaea.org/publications/8097/development-use-and-maintenance-of-the-design-basis-threat>
2. Публікація НІСД «Проблеми розбудови державно-приватного партнерства при захисті критичної інфраструктури», режим доступу <https://niss.gov.ua/en/node/108>

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-61 Ковч Т.Д.
Асист., к.ф.-м.н. Овдієнко Ю.М.

ФІЗИЧНИЙ ЗАХИСТ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ РАДІОАКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ

Оборот ядерних матеріалів повинен чітко регламентуватися через небезпечність атомного виробництва, шляхом приймання міжнародних документів правового регулювання атомного виробництва. Одною з особливостей є транспортування і фізичний захист ядерних матеріалів [1].

Перевезення радіоактивних речовин є операцією найбільш вразливою для ворожих дій або спроб таких дій, то необхідність забезпечення таких операцій фізичним захистом була задумана давно. Правила з безпечного перевезення радіоактивних речовин мають забезпечувати захист від радіологічної шкоди, яка може виникнути при серйозних аварійних умовах. Вони не призначені для фізичного захисту, який полягає в заходах безпеки, призначених для захисту від навмисних актів, таких як розкрадання, саботаж або незаконне вилучення та використання радіоактивних речовин [2].

Для зменшення можливості несанкціонованого вилучення або навмисного пошкодження ядерних матеріалів під час перевезення особливу увагу звертається на такі заходи, як:

- скорочення загального часу перебування в дорозі ядерного матеріалу;
- скорочення кількості та строків передачі ядерного матеріалу;
- відмова від використання регулярних графіків руху;
- вимога попередньої перевірки благонадійності всіх осіб, що беруть участь в транспортних операціях.

Для міжнародних перевезень рекомендується попередній висновок угод між державами щодо забезпечення безперервності заходів фізичного захисту, відповідних кожній конкретній перевезення на території даної країни.

Хоча фізичний захист є перш за все питанням внутрішньої юрисдикції держави, існують питання, які потребують об'єднаних дій на міжнародному рівні, особливо в відношенні, як зазначалося вище, міжнародних перевезень ядерних матеріалів. У Відні була прийнята Конвенція про фізичний захист ядерних матеріалів, що стала результатом переговорів під егідою Агентства, в яких брали участь 58 держав і Європейське співтовариство з атомної енергії (Євратом). Конвенція насамперед стосується питань фізичного захисту ядерних матеріалів під час міжнародних перевезень, хоча деякі її положення стосуються питань використання, зберігання і перевезення ядерних матеріалів всередині окремих країн. Паралельно з триваючими зусиллями щодо подальшого поліпшення безпеки перевезення радіоактивних речовин, слід вживати заходів, спрямовані на забезпечення прийняття і введення в дію як на національних, так і на міжнародному рівнях єдиних норм з фізичного захисту ядерних матеріалів при перевезенні. Рекомендації Агентства разом з його консультативною діяльністю, багатостороннє співробітництво і механізм надання допомоги, що передбачається Конвенцією, є корисними доповненнями один одного в справі забезпечення безпеки ядерних перевезень.

Перелік посилань:

1. Шкурина Ю. В. Транспортировка и физическая защита ядерных материалов / Ю. В. Шкурина. // Вестник Уральского института экономики, управления и права. – 2017. – №2. – С. 83–89.
2. Физическая защита радиоактивных веществ при перевозке. // БЮЛЛЕТЕНЬ МАГАТЭ, – 1985. – С. 24–27.

ПІДХОДИ ДО МІНІМІЗАЦІЇ УТВОРЕННЯ РАВ

Структура основного підходу до мінімізації РАО, можливо поділити на п'ять основних напрямків, які зокрема відповідають рекомендаційним вимогам МАГАТЕ [1]:

Управлінська підтримка Найвище керівництво повинне взяти під особистий контроль виконання програм по мінімізації низькоактивних і середньоактивних відходів і зробити цей показник пріоритетним при визначенні ефективності роботи АЕС. Даний підхід повинен ґрунтуватися на чітких, стимулюючих цілях, які демонструють очікуваний ефект і процес безперервного поліпшення. (Примітка: даний фактор є вирішальним, тому що програма мінімізації РАО не може бути реалізована в повній мірі без постійної і відчутної підтримки з боку керівництва).

Скорочення джерел утворення Впровадження відповідних заходів щодо запобігання утворенню низько-активних і середньо-активних відходів.

Переробка/повторне використання Якщо уникнути утворення відходів не представляється можливим, необхідно в міру можливості застосовувати матеріали, що забезпечують можливість повторного використання і переробки.

Скорочення обсягів утворення У разі неможливості повторного використання і переробки або/якщо перероблені матеріали не підлягають повторному використанню, необхідно впроваджувати технології інтенсивного скорочення обсягу.

Захоронення На захоронення відходи слід направляти тільки через брак альтернативних рішень щодо поводження, дотримуючись при цьому вимоги до охорони навколишнього середовища.

Більш детально пропонуються наступні способи щодо мінімізації РАВ з урахуванням можливостей та специфіки майданчиків (експлуатуючих організацій). Дані способи в одночасно являються як і універсальними, так і основними для впровадження:

- обмеження кількості і площі зон суворого режиму (ЗСР)
- організація систем контролю і обліку РАВ з метою визначення кількості джерел, типів, кількості, активності і характеристик відходів;
- впровадження сучасних технологій (передового досвіду експлуатації);
- повторне застосування вторинних матеріалів;
- переробка і повторне застосування рідин в технологічних процесах
- організація системи сортування і розділення потоків відходів;
- удосконалення контрольної-вимірної апаратури, що використовується для звільнення від регулюючого контролю матеріалів
- створення системи суворого поділу неактивних і активних відходів в ЗСР;
- підвищення рівня інформованості оперативного персоналу.

Перелік посилань:

1. Проект U04.01 «Совершенствование общей стратегии обращения с РАО на действующих и остановленных АС Украины».
Електронне посилання – www.iaea.org

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БІОМЕТРИЧНИХ ЗАСОБІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ В СИСТЕМАХ ФІЗИЧНОГО ЗАХИСТУ ЯДЕРНИХ УСТАНОВОК

Комплекс інженерно-технічних засобів системи фізичного захисту (далі - КІТЗ) є складовою частиною системи фізичного захисту об'єкта. КІТЗ забезпечує максимально можливе зменшення впливу людського фактору на ефективність виконання системою фізичного захисту своїх завдань [1].

В роботі особлива увага приділяється саме засобам контролю та управління доступом, які входять до складу КІТЗ. Зараз в Україні на об'єктах критичної інфраструктури не використовуються біометричні засоби ідентифікації, такі як: зчитування відбитків пальців, розпізнавання обличчя, голосова авторизація та інші.

Біометрична ідентифікація - це пред'явлення користувачем свого унікального біометричного параметра і процес порівняння його з усією базою наявних даних. Для зчитування такого роду персональних даних використовуються біометричні зчитувачі.

Біометричні системи контролю доступу зручні для користувачів тим, що носії інформації знаходяться завжди при них, не можуть бути загублені або вкрадені.

Вважається, що відбитки пальців, риси обличчя і голосові мітки є більш безпечними засобами перевірки особистості, ніж паролі і пін-коди, але це справедливо тільки в тому випадку, якщо біометрична аутентифікація здійснюється найбільш безпечним способом. Так як немає одного ідеального рішення, рекомендується використовувати декілька методів верифікації. Голосова аутентифікація повинна стати одним із тих методів, тому що вона зручна і більш надійна, ніж сканування відбитків пальців і розпізнавання обличчя, надаючи ймовірність ідентифікації 99.99 відсотків [2].

Для підтвердження можливості використання біометричних засобів ідентифікації на об'єктах критичної інфраструктури необхідно проводити додаткові дослідження щодо ефективності та надійності такої системи та відповідності її вимогам чинного законодавства України.

Перелік посилань:

1. Про затвердження Вимог до комплексу інженерно-технічних засобів системи фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання від 5 грудня 2011 року № 176 Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 23 грудня 2011 р. за N 1505/20243
2. Biometricupdate [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Biometricupdate.COM family. – Режим доступу: www.biometricupdate.com

Магістрант 1 курсу, гр. ТЗ-391мп Перерва О.П.
Асист. Серафін Р.І.

ОЦІНКА ВРАЗЛИВОСТІ ЯДЕРНОЇ УСТАНОВКИ ЯК МІРА ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ФІЗИЧНОГО ЗАХИСТУ

У зв'язку із глобальним процесом зростання терористичних загроз на сьогодні одним із пріоритетних завдань є забезпечення високого рівня захищеності критично важливих для тієї чи іншої держави систем, об'єктів і ресурсів, які найчастіше об'єднують терміном «критична інфраструктура» (КІ) [1]. Основною ознакою елементів КІ є те, що їх відмова або виведення з ладу можуть призвести до важких або навіть катастрофічних наслідків для економіки, соціального добробуту населення та стабільності політичної системи держави.

Для забезпечення захищеності або фізичної безпеки елементів КІ, створюють системи фізичного захисту (СФЗ) [2], кожна з яких є сукупністю організаційно-правових, оперативних-розшукових та інженерно-технічних заходів, зокрема використання інженерно-технічних засобів (ІТЗ), і призначена для зведення до прийнятної мінімуму ризику здійснення терористичного нападу або акту тероризму.

Оцінка ризику є необхідним елементом створення ефективної СФЗ.

Оцінка вразливості (ОВ) СФЗ дається з використанням таких інструментів, як аналіз документації, тренування та навчання, експертне оцінювання, комп'ютерне моделювання, випробування ІТЗ у різних їх комбінаціях

Щодо нашої країни, то тут необхідно згадати, що в Україні діє Положення [3], на основі якого здійснюється ОВ ядерних установок і ядерних матеріалів, які беззаперечно належать до категорії об'єктів КІ.

Загалом з-поміж методів ОВ СФЗ найпопулярнішими є ті, що базуються на підході, який визначає характеристики системи з погляду ви конання основних цілей СФЗ, до яких відносять виявлення, затримку та реагування. Кожній із перерахованих цілей відповідає певна функціональна підсистема СФЗ. Для оцінки функціонування компонент СФЗ об'єкта використовують і кількісний, і якісний методи.

При ОВ загальним завданням є оцінити функціонування кожного компонента СФЗ, встановленого на об'єкті. Коли це виконано, здійснюється оцінка функціонування системи загалом. При використанні кількісних методів перевіряються значення функціональних параметрів СФЗ, тоді як при використанні якісних методів результатом оцінки ефективності функціонування компонента є така її характеристика, як «висока», «середня» або «низька».

Отже захист об'єктів КІ в нашій державі забезпечується завдяки функціонуванню державної системи фізичного захисту, яка ґрунтується на результатах оцінки загрози вчинення диверсії, крадіжки або будь-якого іншого неправомірного вилучення радіоактивних матеріалів.

Державна система фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів та джерел іонізуючого випромінювання перший рубіж протидії загрози ядерного тероризму.

Перелік посилань:

1. Проект Закону України «Про критичну інфраструктуру та її захист»;
2. Закон України від 19 жовтня 2000 № 2064-III «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання»;
3. Наказ Державного комітету ядерного регулювання України від 30.11.2010 р. № 169 «Про затвердження Порядку проведення оцінки вразливості ядерних установок та ядерних матеріалів».

Магістрант 5 курсу, гр. ТЗ-91мп Рой В.С.
Асист. Серафін Р.І.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЗАГРОЗ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

У наш час протиправне заволодіння ядерним та радіоактивним матеріалом, його використання у злочинних цілях, а також диверсія стосовно ядерного та радіоактивного матеріалу чи ядерної установки являється потенційною небезпекою зумовленою існуючими загрозами [1].

Ризик, зокрема, обумовлений:

- діяльністю терористичних груп, які прагнуть завдати необмеженої шкоди;
- розповсюдженням інформації про технологію ядерної зброї, що існувала десятиліттями;
- глобалізацією, що полегшує переміщення людей, технологій і матеріалів по всьому світу.

Враховуючи те, що правопорушення стосовно ядерного та радіоактивного матеріалу, а також ядерних установок є предметом серйозного занепокоєння – існує потреба у постійній оцінці наявних загроз і вжитті відповідних та ефективних заходів або в посиленні існуючих заходів щодо запобігання зазначеним правопорушенням, їхнього недопущення та своєчасного виявлення [2].

Відповідно до основоположних принципів Конвенції про фізичний захист ядерного матеріалу та ядерних установок державна система фізичного захисту повинна ґрунтуватися на здійснюваній державою поточної оцінці загрози. Відповідні державні органи, використовуючи різні надійні джерела інформації, мають визначити загрозу та її характеристику у вигляді оцінки загрози та, у разі необхідності, проектної загрози. Держава має постійно перевіряти загрозу та оцінювати наслідки впливу будь-яких змін в оцінці загрози або проектної загрози.

Державний компетентний орган має вимагати застосування оцінки загрози та/або проектної загрози, як загальної основи для розроблення та введення в дію системи фізичного захисту [3].

З урахуванням зазначеного застосування відповідного наявній задачі та ефективного методу оцінки загроз є важливим компонентом забезпечення належного рівня системи фізичного захисту.

У роботі представлено результати аналізу існуючих в світі методів оцінки загроз для об'єктів критичної інфраструктури.

Перелік посилань:

1. Наказ «Про затвердження Вимог до оцінки стану систем фізичного захисту ядерної установки» № 1443/18738 від 30.12.2010 року.
2. Конвенція «Про фізичний захист ядерного матеріалу та ядерних установок» №3182-12 від 05.08.1993 року.
3. Наказ «Про затвердження Порядку проведення оцінки вразливості ядерних установок та ядерних матеріалів» №1309/18604 від 22.12.2010 року.

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-62 Якимчук А. О.
Асист. Остапенко І.А.

ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ (ТРАНСПОРТУВАННЯ) ЯДЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Слід передбачати, щоб фізичний захист забезпечував цілісність від несанкціонованого вилучення при перевезенні (транспортуванні), наскільки це практично можливо, відповідно до диференційованого підходу.

Слід робити належні заходи, що відповідають національним вимогам і ґрунтовані на використанні диференційованого підходу [2], з метою захисту конфіденційної інформації [1], що має відношення до операцій перевезення (транспортування), на основі принципу необхідності знати цю інформацію для виконання службових обов'язків [5, 6, 7], у тому числі детальної інформації про графік і маршрут прямування. Слід з великими обмеженнями використати будь-які спеціальні маркування на перевізних засобах, а також відкриті канали зв'язку для передачі повідомлень, що стосуються відправки ядерного матеріалу. При передачі повідомлень, пов'язаних із забезпеченням ядерної захищеності, необхідно, наскільки це практично можливо, застосовувати такі заходи, як кодування і належна маршрутизація, і при поводженні з такою інформацією слід проявляти особливу обережність [3].

Перед здійсненням міжнародного перевезення відправнику слід забезпечувати, щоб заходи, що вживаються, відповідали правилам фізичного захисту, вживаним в державі-одержувачі і в інших державах, через які здійснюється транзит.

Слід встановлювати процедури [2] для забезпечення збереження ключів від перевізних засобів і замків безпеки відповідно до категоризації ядерних матеріалів, що перевозяться.

Якщо перевізний засіб робить незаплановану тривалу зупинку, слід застосовувати, наскільки це можливо і практично здійснено, заходи фізичного захисту, призначені для цієї категорії матеріалів при їх зберіганні. Фізичний захист ядерних матеріалів при їх зберіганні під час перевезення (транспортування) слід забезпечувати відповідно до категорії ядерних матеріалів, і рівень захисту повинен відповідати вимогам [4].

Перелік посилань:

1. Закон України «Про інформацію».
2. Закон України «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання».
3. Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів»
4. Порядок визначення рівня фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання відповідно до їх категорії. — Затвердж. постановою КМУ від 26.04.2003 № 625.
5. Порядок функціонування державної системи фізичного захисту. — Затвердж. постановою КМУ від 21.12.2011 № 1337.
6. Порядок взаємодії органів виконавчої влади та юридичних осіб, які провадять діяльність у сфері використання ядерної енергії, в разі виявлення радіоактивних матеріалів у незаконному обігу. — Затвердж. постановою КМУ від 02.06.2003 № 813.
7. Про визначення центрального органу та пункту зв'язку з питань фізичного захисту ядерного матеріалу. — Затвердж. постановою КМУ від 30.07.1996 № 861.

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ОСНОВНИХ ПРИНЦИПІВ ФІЗИЧНОГО ЗАХИСТУ В ЗАКОНОДАВСТВІ УКРАЇНИ

Розглянемо основоположні принципи фізичного захисту, та як вони втілюються в законодавстві нашої країни.

1. Відповідальність держави. *Відповідальність за створення, упровадження та підтримання режиму фізичного захисту в державі повністю покладається на цю державу.*

В Україні поняття «режим фізичного захисту» впроваджене законом [1]. Держава встановлює порядок забезпечення ФЗ й впроваджує з цією метою Державну систему фізичного захисту (ДСФЗ) [4].

Діяльність ДСФЗ координується компетентним органом — Держатомрегулюванням. Крім Держатомрегулювання, до ДСФЗ входить Міненерговугілля, МВС, ДСНСУ, СБУ, ДПСУ, НАНУ.

Як бачимо, в Україні забезпечується виконання принципу відповідальності держави за фізичний захист.

2. Відповідальність під час міжнародною перевезення. *Відповідальність держави за забезпечення того, що ядерний матеріал достатньо захищений, поширюється на його міжнародне перевезення доти, доки ця відповідальність не передається належним чином іншій державі. Всі перевезення здійснюються відповідно до дво- або тристоронніх міжнародних угод та з дотриманням міжнародних конвенцій, в тому числі й КФЗЯМ, учасником яких є Україна.*

3. Нормативно-правова база. *Держава є відповідальною за створення й підтримання нормативно-правової бази з регулювання фізичного захисту. Ця база повинна забезпечувати встановлення застосовних вимог до фізичного захисту і включати систему оцінки або інші процедури для видачі дозволів. Ця база повинна включати систему інспектування ядерних установок і транспортних засобів для перевірки дотримання відповідних вимог.*

В Україні діє розвинута багаторівнева нормативно-правова база з фізичного захисту. Верхній рівень — закони України [1, 2, 3]. На цьому ж рівні знаходяться міжнародні конвенції та угоди, учасником яких є Україна і положення яких мають пріоритет перед законами України. Наступний рівень — акти, затверджені постановами Кабінету Міністрів, і Указами Президента України. Нижній рівень — нормативно-правові акти, затверджені наказами центральних органів виконавчої влади та зареєстровані Мін'юстом.

Отже, загрози вчинення зловмисних дій щодо ЯУ та радіоактивних матеріалів реальні і повинні бути взяті до уваги на державному рівні, як загрози національній безпеці. Основним інструментом у протидії цим загрозам є забезпечення фізичного захисту. Відповідно основоположні принципи ФЗ є базисом як для створення СФЗ на державному та об'єктовому рівні, так і для оцінки стану, контролю та регулювання ФЗ в Україні.

Перелік посилань:

1. Закон України «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання».
2. Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку».
3. Закон України «Про ратифікацію Поправки до Конвенції про фізичний захист ядерного матеріалу».
4. Порядок функціонування державної системи фізичного захисту. — Затвердж. постановою КМУ від 21.12.2011 № 1337.

ЯДЕРНІ ГАРАНТІЇ МІЖНАРОДНОГО ДОГОВОРУ НЕРОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЯДЕРНОЇ ЗБРОЇ

Існування ядерної зброї являє собою постійну загрозу для світу.

Для міжнародної безпеки важливо уникати нових держав, які отримують чи набувають ядерну зброю [1]. Це є підставою для режиму нерозповсюдження, основою якого є Договір про нерозповсюдження. Міжнародні ядерні гарантії, що застосовуються Міжнародним агентством з атомної енергії (МАГАТЕ), є головним інструментом режиму нерозповсюдження ядерної зброї.

Система гарантій встановлює юридично обов'язкові угоди між державами та МАГАТЕ відповідно до зобов'язань, взятих у рамках міжнародних та регіональних угод про нерозповсюдження.

Політична мета гарантій - гарантувати, що держави виконують свої зобов'язання щодо угоди. Технічні завдання - виявити своєчасне відхилення заявлених ядерних матеріалів, підтвердити відсутність незадекларованих ядерних матеріалів та споруд та підтвердити, що заявлені об'єкти працюють як заявлені [2].

На відміну від системи ядерної безпеки, ядерні гарантії мають обов'язкове міжнародне зобов'язання, яке повинні виконати сторони, що їх підписали.

Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ) несе основну відповідальність за допомогою інспекції та перевірки забезпечення того, щоб країни, які підписали Договір про нерозповсюдження ядерної зброї (ДНЯЗ), дотримувались механізмів гарантій.

Виявлення підпільної програми ядерної зброї в Іраку на початку 90-х років продемонструвало слабкість захисних засобів, застосованих тоді згідно з угодою про тип ДНЯЗ. Це привело міжнародне співтовариство до розширення повноважень МАГАТЕ з розширеним повноваженням та додатковими інструментами перевірки, які були закріплені в документі Додатковий протокол до Угоди про гарантії. Додатковий протокол, прийнятий МАГАТЕ у 1997 році, дозволяє агенції виявляти незадекларовані ядерні дії (цивільні та нецивільні) [3]. Для цього МАГАТЕ може вимагати від держави додаткову інформацію про ядерні споруди та дослідницькі споруди та відбору проб навколишнього середовища у випадку підозри.

Традиційним є ризик розповсюдження ядерної зброї, матеріалів та технологій. Однак подія 11 вересня та інші недавні події, організовані недержавними суб'єктами, підвищили потенційний ризик недержавних суб'єктів використовувати "сипучу ядерку", імпровізований ядерний пристрій (IND) або радіологічний пристрій розсіювання (RDD) як зброю масового знищення / зриву (ЗМЗ). Нова парадигма, підкреслена діями терористичних, злочинних та інших заборонених і підпільних мереж та організацій вимагає більш досконалі можливості для безпеки та захисту ядерних матеріалів та об'єктів у більш широкому діапазоні держав та розмиває традиційні межі між державами озброєння та передовими державами паливного циклу. Проблеми розповсюдження, пов'язані зі ЗМЗ в Північній Кореї, Ірані та Сирії, в даний час свідчать про серйозність потенційної загрози.

Перелік посилань:

1. Угода між Україною та Міжнародним агентством з атомної енергії про застосування гарантій, ратифікований Україною 17 грудня 1997 року
2. Додатковий протокол до Угоди, прийнятий 15 серпня 2000 року
3. Електронне посилання – <https://www.iaea.org/research/inssi/about-us/nuclear-safeguards.aspx>

СЕКЦІЯ №3

**Теплообмін і
гідродинаміка в
теплопередаючих і
енергетичних
пристроях**

Аспірант Пекур Д.В.
Пр.н.спів., д.т.н. Ніколаєнко Ю.Є.

ВПЛИВ ТЕПЛОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА КУТА НАХИЛУ НА ТЕПЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОЇ ТРУБИ З РІЗЬБОВОЮ КАПІЛЯРНОЮ СТРУКТУРОЮ

Підвищення потужності мікроелектронних компонентів та напівпровідникових джерел світла все частіше потребує використання в їхніх системах охолодження теплопередавальних елементів з низьким тепловим опором - теплових труб (ТТ) та термосифонів. Одним з типів ТТ є гравітаційні ТТ з різьбовою капілярною структурою [1]. Такий тип ТТ має високу технологічність виготовлення та може бути виготовлений з широкого спектру існуючих теплопровідних матеріалів. Теплові характеристики таких ТТ представляють інтерес для вирішення конкретних конструкторських задач при проектуванні систем охолодження електронних та світлотехнічних пристроїв.

При інтеграції ТТ в конструкцію системи охолодження на теплові характеристики ТТ можуть впливати значення довжини зони нагріву і конденсації, орієнтація ТТ в просторі, рівень теплового навантаження та умови тепловідведення. У зв'язку з цим, вивчення експериментальним шляхом впливу зазначених факторів на теплові характеристики ТТ з різьбовою капілярною структурою є досить актуальним завданням при створенні нових типів систем охолодження.

Експериментальна гравітаційна ТТ з різьбовою капілярною структурою мала довжину 220 мм, діаметр 12 мм, крок різьби в зоні випаровування 0,5 мм. Теплоносій - хладон R141b з відсотком заповнення ТТ 25%. Довжина зони випаровування - 30 мм, зони конденсації - 50 мм. Було проведено дослідження залежності теплових характеристик від кута нахилу до горизонту та потужності нагрівача. Умови охолодження зони конденсації – вільна та примусова конвекція повітря. Отримані результати досліджень (рис. 1) можуть бути використані при проектуванні нових систем забезпечення теплового режиму потужних компонентів електронної апаратури та світлодіодних освітлювальних пристроїв.

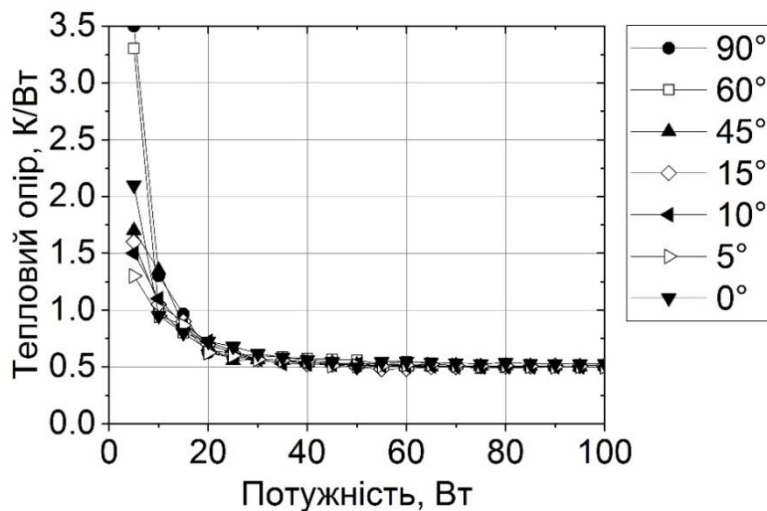


Рисунок 1 - Зміна теплового опору гравітаційної теплової труби з різьбовою капілярною структурою від кута нахилу до горизонту та теплової потужності

Перелік посилань:

1. Пат. України № 109840. Гравітаційна тепла труба / Ю.Є. Ніколаєнко, опубл. 12.09.2016, бюл. № 17.

Мол. вчений, к.т.н. Козак Д.В.
Пр.н.спів., д.т.н. Ніколаєнко Ю.Є.

ТЕПЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ ПРИЙМАЛЬНО-ПЕРЕДАВАЛЬНОГО МОДУЛЯ АФАР

Приймально-передавальні модулі (ППМ) активних фазованих антенних решіток (АФАР) з повітряним охолодженням для забезпечення нормального теплового режиму НВЧ активних елементів містять конвективний теплообмінник у вигляді оребреної теплообмінної поверхні, на несучій основі якого встановлюються НВЧ електронні компоненти підсилувача потужності. По міжреберних каналах теплообмінника прокачується охолоджуюче повітря. Швидкість повітря в каналах, як правило, знаходиться в межах від 1 до 15 м/с, в залежності від потужності модуля, розмірів теплообмінника, витрати повітря, що забезпечує вентилятор, тощо. Результати комп'ютерного моделювання одного з типів конвективного теплообмінника ППМ [1] показали, що в зазначеному діапазоні швидкості повітря в каналах теплообмінника можуть існувати різні режими теплообміну: ламінарний, перехідний або турбулентний. Якщо для ламінарного та турбулентного режимів теплообміну в прямокутних каналах існують певні розрахункові залежності, то перехідний режим є найменш вивченим і достовірних залежностей для його розрахунку в літературі не знайдено. У зв'язку з зазначеним, експериментальне вивчення теплових характеристик конвективного теплообмінника, в першу чергу, в перехідному режимі є актуальним завданням.

Експериментальний зразок конвективного теплообмінника мав довжину основи 500 мм, товщину основи 6 мм, ширину 42 мм. На основі виконано 5 поздовжніх ребер висотою 2 мм, товщиною 2 мм. Крок ребер – 10 мм. Потужність НВЧ елемента 10...110 Вт.

На рис. 1 наведено графічну залежність значення температури в зоні нагріву пластини з встановленим імітатором потужного НВЧ електронного компонента від його потужності при різних значеннях витрати та швидкості повітря в каналах між ребрами теплообмінника, що відповідали різним режимам теплообміну.

Отримані дані буде використано в подальших порівняльних дослідженнях модернізованого конвективного теплообмінника з тепловими трубами.

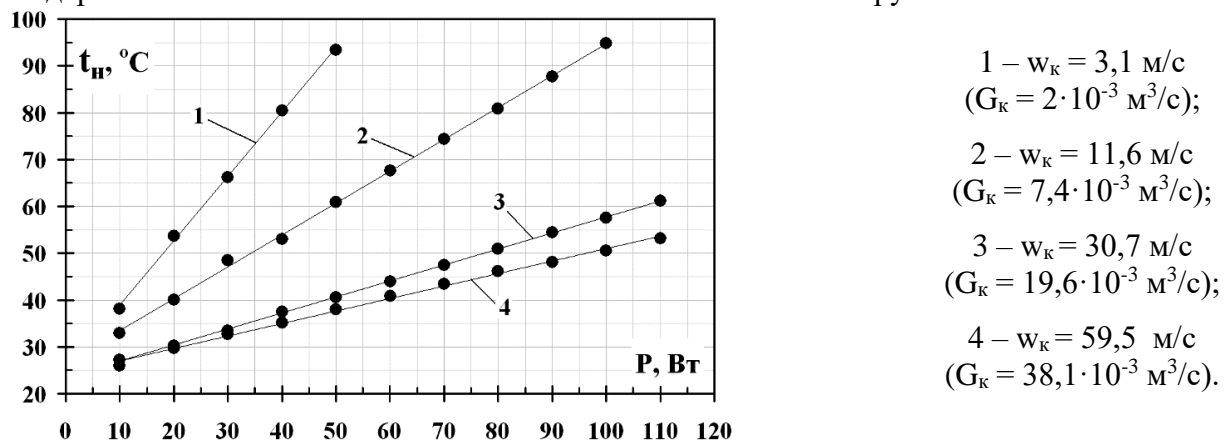


Рис. 1. Залежність середнього значення температури t палети з імітатором теплового потоку НВЧ транзистора від його потужності P .

Перелік посилань:

1. Ніколаєнко Ю.Є., Баранюк О.В., Рева С.А., Рогачов В.А. CFD – моделювання температурного поля корпусу-радіатора передавального модуля АФАР з повітряним охолодженням. *Технология и конструирование в электронной аппаратуре*. 2019. № 1-2. С. 27-33

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ КАПІЛЯРНОЇ СТРУКТУРИ НА ЇЇ ПРОНИКНІСТЬ

Сучасний розвиток техніки і електроніки направлено на зменшення розмірів і збільшення потужності приладів, що призводить до збільшення питомих теплових потоків. Збільшення теплових потоків значно ускладнює забезпечення необхідних температурних режимів для нормального функціонування приладів і їх окремих елементів. Зменшення розмірів приладів не завжди дозволяє встановлювати такі джерела відведення тепла як, наприклад, радіатори, вентилятори та інші. У таких випадках часто використовують теплові труби через їхню високу теплотранспортну здатності. Вони широко використовуються для охолодження персональних комп'ютерів, ноутбуків, телекомунікаційних пристроїв, космічної апаратури. В основу роботи теплової труби покладені фазові переходи всередині капілярно-пористих структур (КС), що дає можливість переносити тепло на відстань без істотних втрат температури. У тепловій трубі капілярно-пориста структура відіграє важливу роль в теплових процесах, оскільки вона забезпечує капілярний тиск для рециркуляції робочої рідини із зони нагріву в зону охолодження, що забезпечує ефективне функціонування теплової труби в незалежності від орієнтації в просторі. Одним з видів капілярних структур – металоволокнисті (МВКС). Такі капілярні структури широко використовуються в теплових трубах, так як добре конкурують з іншими видами КС [1]. Однією з основних характеристик капілярної структури є проникність, яка впливає на теплопередаючі характеристики теплової труби.

Мета роботи – експериментально дослідити проникність капілярно-пористих структур та визначити вплив параметрів на їх проникність. На рис. 1 представлені експериментальні дослідження металоволокнистих (1-4) та пінистих капілярних (5) структур (ПКС).

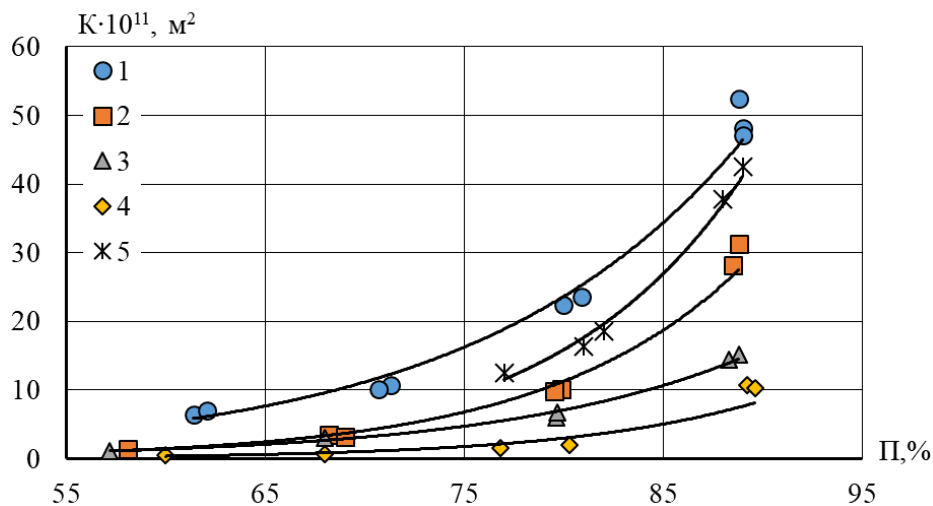


Рис.1. Залежність коефіцієнту проникності капілярної структури від пористості та діаметру волокна: 1 - $d_b=50$ мкм; 2 - $d_b=30$ мкм; 3 - $d_b=20$ мкм; 4 - $d_b=10$ мкм; 5- ПКС.

Експериментальні дослідження показують, що збільшення пористості МВКС та ПКС і величини діаметра волокна зразка МВКС призводить до зростання коефіцієнта проникності, що пов'язано зі збільшенням середнього діаметра пор зразка.

Перелік посилань:

1.Семена М.Г., Гершуни А.Н., Зарипов В.К. Тепловые трубы с металловолкнистыми капиллярными структурами. Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1984, 215 с.

Магістрант 6 курсу, гр. ТФ-81мн Бурдь Р.Г.
Проф., д.т.н. Воропаєв Г.О.

МОДЕЛЮВАННЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕПЛОБМІНУ У ВНУТРІШНІХ ТЕЧІЯХ З ПЕРЕШКОДАМИ МІНІМАЛЬНОГО ОПОРУ ЗА МЕТОДИКОЮ URANS

Широке розповсюдження теплообмінних апаратів в різноманітних галузях виробництва та техніки потребує інтенсифікації процесів теплообміну за рахунок чого зменшуються масо-габаритні характеристики теплообмінних апаратів. Для інтенсифікації процесів масо переносу та теплообміну в теплообмінних апаратах застосовують збурювачі потоку, які здатні збільшувати інтенсивність теплообміну при цьому вимушено збільшуючи гідравлічний опір [1].

Метою даної роботи є дослідження та моделювання процесів теплообміну та гідродинаміки у циліндричних каналах. при застосуванні в них збурювачів потоку, що створюють мінімальний гідравлічний опір в потоці.

В якості інтенсифікаторів теплообміну використовувалось 2 пластини, що були розташовані в трубі довжиною 840 мм, на відстані 350 та 560 мм від входу. Перша пластина розташована горизонтально до напрямку потоку, друга вертикально до потоку. Розміри пластин: висота – 70 мм, ширина 70 мм та товщина 1 мм. Дослідження проводились при швидкостях: $u_1=0.15$ м/с, $u_2=0.3$ м/с, $u_3=0.6$ м/с.

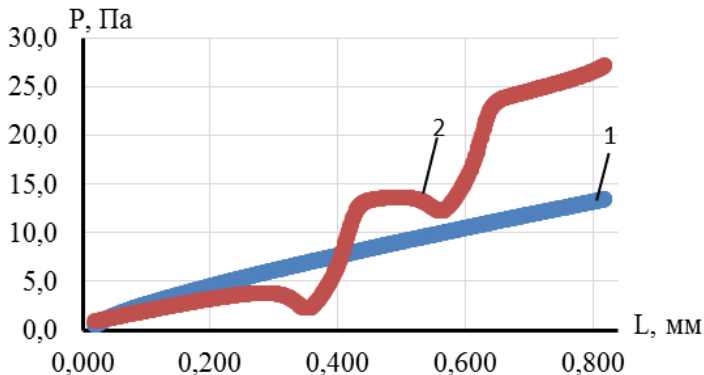


Рисунок 1 – Зміна тиску вздовж труби при $T_{ст}=343$ К, $T_{рід}=293$ К, $Re=21000$: 1 – гладка труба, 2 – труба з інтенсифікаторами т/о

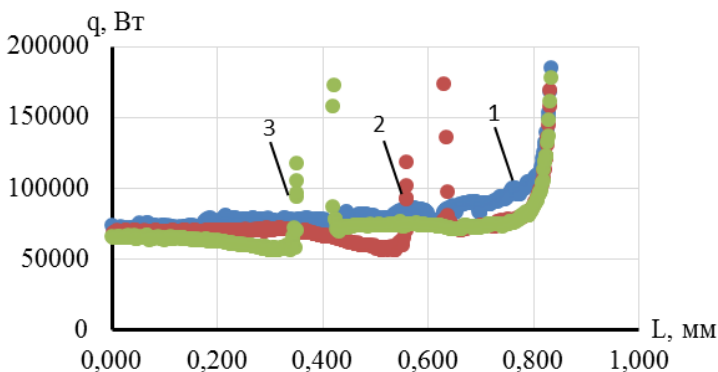


Рисунок 2 – Зміна теплового потоку при $T_{ст}=343$ К, $T_{рід}=293$ К, $Re=21000$: 1 – гладка труба, 2 – пластина 1, 3 – пластина 2 мінімальними гідравлічними опорами.

Перелік посилань:

1. Попов И.А., Махьянов Х.М., Гуреев В.М. Физические основы и промышленное применение интенсификации теплообмена. Казань, 2009, 561 с.

На рис. 1 зображено зростання тиску в гладкій трубі та в трубі з інтенсифікаторами теплообміну. З отриманих експериментальних даних видно, що при використанні інтенсифікаторів теплообміну різниця тиску зростає при швидкості $u_2 = 0.3$ м/с у 1.9 рази.

Вздовж труби від входу наростає промезовий шар, що збільшує термодинамічний опір та зменшує теплообмін між стінкою та рідиною (рис. 2). При проходженні потоку на ділянці пластини 1 та пластини 2 спостерігається зростання теплообміну. Пластина підтискає потік до стінок труби і таким чином порушує пограничний шар, внаслідок цього на цих ділянках зростає теплообмін.

Необхідно поєднувати вивчення закономірностей теплообміну та гідродинаміку потоку, а також розробляти нові інтенсифікатори т/о з

Магістрант 5 курсу, гр. ТФ-91мн Юдін І.І.
Проф., д.т.н. Воропаєв Г.О.

АКТИВНІ ТА ПАСИВНІ МЕТОДИ КЕРУВАННЯ СТРУКТУРОЮ ПОТОКУ

Одним з найбільш пріоритетних напрямків сучасної аерогідродинаміки є розробка нових і вдосконалення існуючих методів управління структурою потоку рідини, що представляють безсумнівний інтерес в різноманітних технічних додатках і, зокрема, у транспортній галузі, сприяючи підвищенню її енергетичної конкурентоспроможності та екологічної безпеки.

Управління структурою потоку буває активне і пасивне.

Активні методи керування структурою потоку орієнтовані на підведення енергії або маси до потоку. Наприклад - мікроелектромеханічні системи - їх основними елементами є сенсори (мікродатчик), мікроактуатори (виконавчі механізми) і мікропроцесори. Зазначені елементи збираються в одному комп'ютерному чіпі. Сигнал, що надходить від датчиків про характер збурень обробляються відповідно до алгоритмів розпізнавання образів, каталог яких зберігається на мікропроцесорі або в базі даних комп'ютера. Після впізнання виду збурення видаються керуючі сигнали на актуатори, які є виконавчими механізмами, призначеними для внесення необхідних змін в мікроструктуру потоку. З'являється можливість глобального стеження за станом течії в просторі і часі і миттєвого реагування на ті чи інші негативні процеси [1,2].

Пасивні методи керування структурою потоку виконуються за допомогою: градієнту тиску, якщо на поверхні тіла створити позитивний градієнт тиску в поздовжньому напрямку, то потік поблизу стінки гальмується і поверхневе тертя зменшується; податливі поверхні, вона повинна забезпечувати поглинання всіх збурень якщо це так, то довжина хвилі пружного покриття повинна бути того ж порядку величини, що і товщина примежового шару, в той час як амплітуда - порядку товщини вузького підшарку; пристрої руйнування вихорів, використання горизонтальних тонких пластин (або інших елементів), розташованих в турбулентному примежовому шарі в напрямку потоку або під невеликим кутом атаки і призначених для руйнування великих вихрових структур, в зовнішній частині примежового шару досягають кількох товщин примежового шару [2].

Також одним із видів пасивного керуванням структурою потоку є ріблети (поздовжні канавки). Механізм зниження опору тертя обумовлений генерацією дрібних стійких поздовжніх вихорів масштабу канавок ріблета. Ці вихори ламінаризують шар постійної турбулентної напруги, що обумовлює зменшення поверхневого турбулентного опору тертя [1].

Крім цього, структуровані поверхні можуть створювати когерентні великомасштабні вихри в пристінній області систем, які суттєво інтенсифікують теплообмін, незначно підвищують опір потоку, що рухається [3].

Перелік посилань:

1. В.И. Корнилов, А.В. Бойко Управление турбулентным пограничным слоем пассивные и активные методы. успехи и проблемы: материалы міжнар. наук.-практ. Конф., м. Новосибирськ 6 жовтня 2010р с.1-9
2. Козлов Л.Ф., Цыганюк А.И., Бабенко В.В., Воропаев Г.А. Формирование турбулентности в сдвиговых течениях. Киев: Наукова думка, 1985. 284 с
3. Баскова О.О., Воропаев Г.О. Вплив геометрії гофрованої поверхності на структуру руху та інтенсивність теплообміну в трубі. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2018. №2. С. 85 – 95.

Магістрант 5 курсу, гр. ТФ-91мп Шульга М.В.
Доц., к.т.н. Баранюк О.В.

CFD-МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОЛОГІСНОГО СТАНУ "КИЇВСЬКОГО МЕТРОПОЛІТЕНУ"

В Київському метрополітені СЗГ з'єднують три станції: «Хрещатик», «Майдан Незалежності» та «Кловська». Передбачена система тунельної вентиляції СЗГ повинна забезпечувати вологість тунельного повітря не вище нормованого значення 75% [1]. Проте, майже щороку протягом весняно-літнього та частково зимового періодів вологість повітря СЗГ суттєво перевищувала норму.

Графіки роботи тунельної вентиляції СПЛ, КЧЛ і СБЛ КП «Київський метрополітен» (енергозберігаючий режим) за 2017-2018 роки [2] поділено на зимовий і літній періоди. За літній період середньо-добова температура атмосферного повітря протягом трьох діб дорівнює або вище $+8^{\circ}\text{C}$, для зимового періоду температура атмосферного повітря є нижчою $+8^{\circ}\text{C}$. Є три режими роботи вентиляції ввімкнення ВУ: приплив повітря в тунелі – «П», видалення повітря з тунелів – «В» та режим, при якому ВУ вимкнена (табл. 1.1), яка є скороченим варіантом графіків [2] для ВУ СЗГ.

Таблиця 1.1 – Режимы роботи перегінних та станційних вентиляторів ліній КП «Київський метрополітен» в залежності від температури і відносної вологості атмосферного повітря

№ ВУ	Місце встановлення	Тип вентилятора	Ввімкнення ВУ				Вимкнення ВУ			
			Приплив повітря		Видалення повітря		t, °C		φ, %	
			t, °C	φ, %	t, °C	φ, %				
115	СЗГ-1	Zitron 18	Немає	Немає	$\bar{t} \geq +8$ $0 < \bar{t} < +8$ $-13 \leq t \leq 0$	$0 \leq \varphi \leq 100$ $\varphi < 90$ $\varphi < 90$	$\bar{t} < +8$ $t \leq -13,1$	$\varphi \geq 90$ $\varphi < 90$		
229	СЗГ-2	Zitron 14	$0 < \bar{t} < +8$ $t < +8$ $-13 \leq t \leq 0$	$\varphi < 90$ $\varphi \geq 90$ $\varphi < 90$	$\bar{t} \geq +8$	$0 \leq \varphi \leq 100$	$t \leq -13,1$	$\varphi < 90$		
230	ст. м. Кловська	ВОМД-24	$\bar{t} \geq +8$	$0 \leq \varphi \leq 100$	$0 < \bar{t} < +8$ $-5 < t < 0$	$\varphi < 90$ $\varphi < 90$	$t < +8$ $t \leq -5,1$	$\varphi \geq 90$ $\varphi < 90$		
116	ст. м. Майдан Незалежності	ВОМД-24	$\bar{t} \geq +8$	$0 \leq \varphi \leq 100$	$0 < \bar{t} < +8$ $t < +8$ $-5 < t < 0$	$\varphi < 90$ $\varphi \geq 90$ $\varphi < 90$	$t \leq -5,1$	$\varphi < 90$		
6	ст. м. Хрещатик	Аксипал	$\bar{t} \geq +8$	$0 \leq \varphi \leq 100$	$0 < \bar{t} < +8$ $t < +8$	$\varphi < 90$ $\varphi \geq 90$	$t \leq 0$	$\varphi < 90$		

ПРИМІТКА: t – середньо-добове значення температури для поточної доби;
 \bar{t} – середньо-добове значення температури протягом 3 діб;

Перелік посилань:

- ДБН В.2.3-7-2010. Споруди транспорту. МЕТРОПОЛІТЕНИ. [Чинний від 2011-10-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011, 299 с. (Національний стандарт України).
- Графіки №21-Н, №22-Н, №23-Н роботи тунельної вентиляції Куренівсько-Червоноармійської лінії, Святошино-Броварської лінії і Сирецько-Печерської лінії Київського метрополітену (енергозберігаючий режим) на 2016 рік.

Магістрант 5 курсу, гр. ТФ-91мп Ткач В.М.
Доц., к.т.н. Шевель Є.В.

ВПЛИВ РОЗМІРІВ ЗОН НАГРІВУ І ОХОЛОДЖЕННЯ НА ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛЮМІНІЄВИХ КАНАВЧАСТИХ ТЕПЛОВИХ ТРУБАХ

В наш час все більше уваги приділяють альтернативним джерелам енергії. Тому виникає завдання створення нових систем, які спроможні підтримувати необхідний температурний рівень енергетичного обладнання із зменшенням його габаритів та зростанням теплових потоків. У цьому аспекті є перспективними роботи, спрямовані на пошук і дослідження нових матеріалів, елементів і конструкцій, наприклад, алюмінієві канавчасті теплові труби [1], які можна використовувати в різному енергетичному обладнанні, наприклад в сонячних колекторах. До переваг таких труб можна віднести їх низьку вартість та вагу в порівнянні з аналогами. Однак теплові характеристики таких теплових труб вивчені недостатньо. Наявність таких даних могла би допомогти визначити оптимальні розміри теплових труб, що в свою чергу дасть можливість заощадити не тільки гроші, а і зменшити габарити систем.

Однією з важливих характеристик алюмінієвих канавчатих теплових труб є ефективність роботи при заданих співвідношеннях зон нагріву і охолодження. Авторами роботи [2], було показано вплив положення в просторі таких теплових труб на ефективність їх роботи. Також проводились дослідження щодо підвищення інтенсивності теплообміну в зонах випаровування та конденсації. Однак аналіз літературних джерел показав, що такі параметри як вплив розмірів зони нагріву та охолодження детально не досліджувались. Недостатня кількість досліджень у цьому питанні гальмує подальше вивчення та введення в широке застосування таких теплових труб. Для дослідження цих характеристик на основі аналізу літератури було обрано дослідний зразок (рисунок 1) та розроблено схему експериментальної установки. Також було розроблено методику проведення дослідів і обробки та аналізу експериментальних даних.

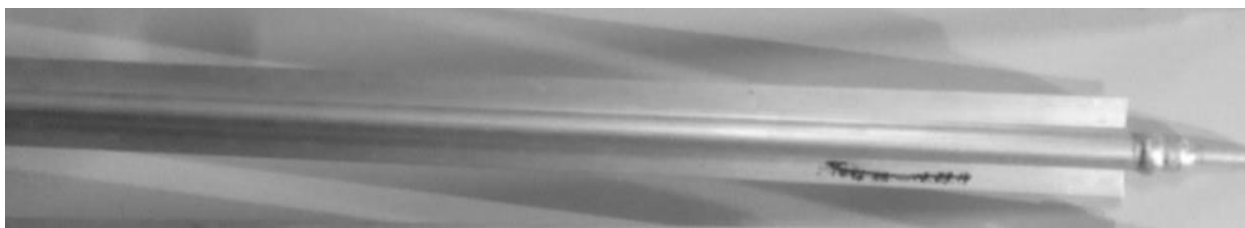


Рисунок 1 – Дослідний зразок

Перелік посилань:

1. Хайрнасoв, С. М. Науково-технологічні основи створення алюмінієвих теплових труб для ресурсозберігаючих систем : дис. д-ра техн. наук : 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика. – Київ, 2017. – 362 с
2. Хайрнасoв С.М. Теплопередаючі робочі характеристики алюмінієвих термосифонів для комбінованого сонячного колектора / С.М. Хайрнасoв, Б.М. Рассамакін, Є.С. Алексеїк, А.А. Анісімова // Наукові вісті НТУУ "КПІ". Київ, 2014. - Вип. 6.- с. 7

Магістрант 5 курсу, гр. ТФ-91мп Півень К.П.
Доц., к.т.н. Баранюк О.В.

CFD-МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ОБ'ЄКТУ "УКРИТТЯ" ТА НОВОГО БЕЗПЕЧНОГО КОНФАЙНМЕНТУ

Як відомо, в квітні 1986р. в результаті аварії 4-й реакторний блок Чорнобильської атомної електростанції був повністю зруйнований, що призвело до великої техногенної катастрофи. В листопаді 1986р. зруйнований блок був вкритий тимчасовою, негерметичною спорудою, назвою «Об'єкт Укриття», граничний термін експлуатації якого був оцінений в 30 років. Починаючи з 1996 р. світове співтовариство почало активно обговорювати необхідність подальшої ізоляції зруйнованого реактора і навіть можливість вилучення, переробки та захоронення радіоактивних матеріалів, що залишилися під ним. В результаті такого обговорення була запропонована концепція будівництва споруди, що ізолювало б (закрило) зруйнований реактор разом з ОУ від навколишнього середовища і дозволило витягувати радіоактивні матеріали протягом тривалого часу. Така споруда було названо «Новий Безпечний Конфайнмент» [1].

В представленій роботі проведено розрахунки на об'єднаній моделі НБК та ОУ при умовах вводу НБК в експлуатацію при відкритих зазорах і вимкненій системах вентиляції НБК в зимній і літній період [2]. Метою цих розрахунків була верифікація моделі за даними вимірів, проведених в відповідні періоди, а також оцінка темпів випаровування води взимку і її конденсація влітку. Для зими була прийнята температура навколишнього середовища -5°C , відносна волога 86%, швидкість вітру 1,6 м/с, напрям вітру – західне. Ці метеоумови були взяті як типові умови для січня. Тепловиділення в ОУ від залишкових паливовмісних матеріалів 36кВт, опалення в деаераторній етажерці не враховувалося, опалення в ОУ – 150 кВт. Для літнього сезону прийнята температура навколишнього середовища -23°C , відносна волога 75%, швидкість вітру 1,3м/с, напрям вітру – західне. Ці метеоумови були взяті як типові для липня-серпня. Тепловиділення від паливовмісних матеріалів в ОУ – 36кВт, тепловиділення в деаераторній етажерці і опалення в ОУ відсутні.

Таблиця 1. Умови і результати модельних розрахунків для зимового і літнього сезону 2017р. для періоду вводу НБК у експлуатацію

Сезон	Вихідні дані			Результати тепловологісного стану ОУ та НБК					
	$T_{\text{ос}},$ $^{\circ}\text{C}$	$\varphi_{\text{ос}},$ %	$W_{\text{вітр}},$ м/с	$T_{\text{НБК}},$ $^{\circ}\text{C}$	$\varphi_{\text{НБК}},$ %	$T_{\text{ЦЗ}},$ $^{\circ}\text{C}$	$\varphi_{\text{ЦЗ}},$ %	$T_{\text{пом}},$ $^{\circ}\text{C}$	$\varphi_{\text{пом}},$ %
Зима (модель)	-5	86	1,6	-4,8	85	-3,1	74	7,4	81,5
Зима (вимірювання)	-4,8	83	1-3	*	*	*	*	~9	65
Літо (модель)	23	75	1,3	23,0	77	23,1	76	13,2	104
Літо (вимірювання)	22	65	1-2	23,5 ¹	73,6 ¹	*	*	~15	~90

Перелік посилань:

1. Об'єкт «Укриття»: 30 років після аварії: монографія / В. О. Краснов, А. В. Носовський, В. М. Рудько, В. М. Щербін; НАН України, Ін-т проблем безпеки АЕС. – Чорнобиль (Київ. обл.): Ін-т проблем безпеки АЕС, 2016. – 512 с. ISBN 978-966-02-7875-2.
2. Разработка 3D CFD-модели тепловлажностного состояния Арки НБК: (Отчет) / СП НОВАРКА. – SIP-N-TM-22-B106-RPT-002

ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОВИХ ТРУБ ДЛЯ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ НОУТБУКІВ

При сучасному розвитку технологій, теплові трубки в охолоджувальних системах не втрачають своєї актуальності. Адже головними параметрами, які необхідно враховувати при охолодженні електротехніки є: габаритні розміри, звукові характеристики, надійність, довговічність, ціна та інші.

Найбільш ефективними системами, які задовольняють всім вимогам є застосування системи охолодження на основі теплових труб.

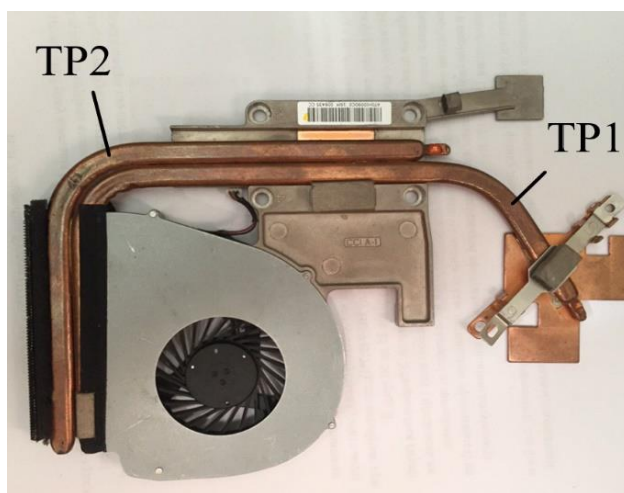


Рисунок 1 – Прототип системи охолодження

Було проведено оптимізацію параметрів пористої структури, що буде використана при виготовленні теплових труб згідно методики [1]. В результаті проведеного літературного огляду було визначено, що на даний час існує недостатньо публікацій, щодо впливу форми поперечного перерізу на теплопределальні характеристики теплових труб.

Дане питання є досить актуальним так як, теплові труби з овальним поперечним перерізом є більш затребувані, тому що вони мають більшу площу контакту в місцях, звідки відводиться теплота й мають меншу висоту труби.

Перелік посилань:

1. Чи С., Теловые трубы теория и практика. Москва: Машиностроение, 1981. 113 с

Магістрант 5 курсу, гр. ТФ-91мн Липніцький Л.В.; аспірант Мельник Р.С.
Доц., к.т.н. Лебедь Н.Л.

УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООБМІНУ ПРИ КОНДЕНСАЦІЇ НА ПЛАСКІЙ ПОВЕРХНІ

Зростання потужностей електроніки паралельно з її мінітюаризацією викликає необхідність в трансформуванні теплових потоків при охолодженні її елементів. Для розв'язання даної проблеми активно використовуються теплопередаючі пристрої, що називаються паровими камерами. Існує достатньо велика кількість досліджень по визначенню інтенсивності теплообміну в зоні випаровування всередині таких пристроїв, при цьому для зони конденсації даних недостатньо [1, 2].

Експериментальна установка, схема якої представлена на рис. 1, являє собою герметичний посуд, що складається з випарника В, основної камери, та допоміжного конденсатора ДК. Робоча ділянка являє собою спіральний змійовик К і цільний мідний циліндр. Температура поверхні і її зміна під час досліду забезпечується термостатом Т. Процес випаровування дистильованої води у випарнику відбувається на поверхні електронагрівача ЕН. Проточний водопідігрівач ПВП необхідний для підтримки температури насичення у робочому об'ємі. Показання датчиків температури ТС приймаються модулем збору даних МЗБ, який через перетворювач інтерфейсу ПІ, підключений до персонального комп'ютера ПК.

На даній установці експериментально буде досліджено інтенсивність теплообміну при конденсації на пористих структурах, які звернені робочою поверхнею вниз, що дозволить створювати більш ефективні теплопередаючі пристрої.

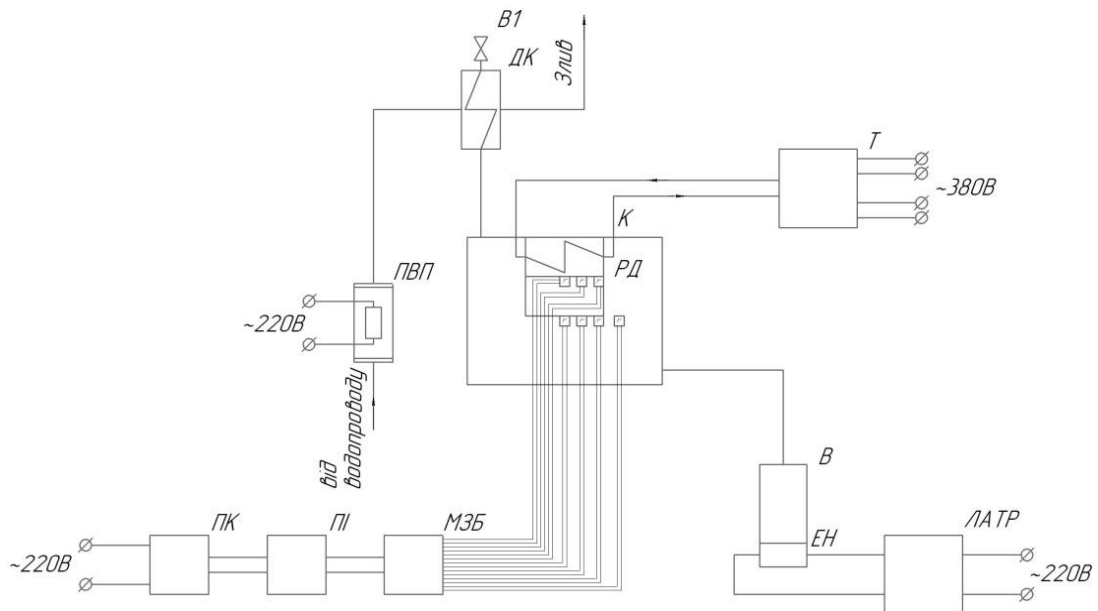


Рисунок 1 – Принципова схема експериментальної установки для дослідження інтенсивності теплообміну при конденсації на плоских поверхнях

Перелік посилань:

1. Попов В. Д.. О теплоотдаче при конденсации пара на горизонтальной поверхности, Труды КТИПП им. А. И. Микояна вып. 11, 1951. 81.
2. Fundamental study of laminar film condensation heat transfer on a downward horizontal surface / M. Yanadori, K. Hijikata, Y. Mori, M. Uchida. // Int. J. Heat and Mass Transfer. – 1985. – С. 1937–1944.

Магістрант 5 курсу, гр. ТФ-91мн Конько Д.В.
Доц., к.т.н. Баранюк О.В.

АНАЛІЗ РІЗНИХ МЕТОДІВ ОРЕБРЕННЯ ТРУБ В ЕНЕРГЕТИЦІ

Теплообмінні апарати відіграють важливу роль в енергетиці. Підвищення ефективності теплообмінників – це комплексна проблема, що є актуальною на сьогоднішній день і буде актуальною і в далекому майбутньому. Для вирішення цієї проблеми необхідно виконати сумісний пошук оптимального співвідношення між теплообміном і втратами на прокачування теплоносія крізь поверхні теплообміну, економічного обґрунтування оптимальності вибору характеристик теплообмінного пристрою, а також врахування технологічних і виробничих вимог [1]. Вибір раціональної поверхні теплообміну, яка зазвичай складається з оребрених труб, можливий тільки на основі сумісного рішення питання тепловіддачі і аеродинамічного опору.

Одним з методів підвищення ефективності є оребрення, як було сказано вище, з боку теплоносія з меншим коефіцієнтом тепловіддачі. На сьогодні існує досить велика кількість різних методів оребрення: поздовжнє оребрення, шиповані труби, просічне (розрізне) спірально-стрічкове оребрення, спірально-дротяне оребрення, труби з внутрішніми ребрами, плоскоовальні труби з неповним оребренням.

Кожен з наведених методів інтенсифікації теплообміну у вигляді зміни конструкції знайшов своє застосування в будь-якій галузі. Оребрені труби з просічним оребренням, завдяки ефективній і малозатратній технології виготовлення, широко застосовуються в енергетиці [2]. Дротяне оребрення має масовий попит в конструкціях, основним завданням яких є забезпечення мінімальних витрат на прокачку теплоносія, при помірному зростанні теплообміну. Ошиповані поверхні теплообміну, в першу чергу, використовуються в умовах агресивного середовища. Поздовжнє оребрення застосовується в умовах низьких температур при ламінарному режимі течії (криогенні теплообмінні апарати) [3].

В представленій роботі пропонується новий вид оребрення плоскоовальних труб – неповне оребрення з використанням алюмінієвої гофри. Дане оребрення має унікальну будову і є абсолютно новим типом оребрення плоскоовальних труб. З метою визначення оптимальних характеристик плоскоовальних труб з гофрованим оребренням розроблено CFD-модель засобами програми ANSYS-FLUENT з метою визначення нових теплогідрравлячних залежностей, міцносних якостей і визначення конструктивних характеристик теплообмінного апарату в цілому.

Перелік посилань:

1. Дрейцер Г.А. Критический анализ современных достижений в области интенсификации теплообмена в каналах / Г.А. Дрейцер // Интенсификация теплообмена: Тр. Второй Рос. нац. конф. по теплообмену. М.: Изд-во МЭИ. 1998. Т.6. С. 91 – 98.
2. Тимохин И.В. Повышение эффективности теплообменных аппаратов на основе модификации теплообменных поверхностей (оребрение) с использованием ПАВ // Студенческий форум: электрон. научн. журн. 2018. № 28(49). [Электронный ресурс]. URL: <https://nauchforum.ru/journal/stud/49/44483> (дата звернення: 04.03.2020)
3. Афанасьева И. В. Перспективные методы оребрения теплообменных аппаратов. *Современные наукоемкие технологии*. 2019. №7. С. 114-121.

Магістрант 5 курсу, гр. ТФ-91мн Васильєва А.Д.
Доц., к.т.н. Шевель Є.В.

ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ МІНІАТЮРНИХ ПЛАСКИХ ТЕПЛОВИХ ТРУБ

З розвитком техніки, сучасних високотехнологічних пристроїв, часто виникають задачі забезпечення їхніх температурних режимів. Для вирішення цієї проблеми останніми десятиліттями успішно використовують теплові труби різних конструкцій. Ці конструкції постійно вдосконалюються, оптимізуються, розроблюються нові.

Однією з таких конструкцій є пласка теплова труба, яка має деякі переваги, порівняно з традиційними тепловими трубами круглого поперечного перерізу. Основна перевага полягає в тому, що пласка форма корпусу труби відповідає пласкій формі більшості тепловиділяючих елементів електронних пристроїв, які потребують охолодження. Це дає можливість знизити до мінімуму термічний опір між місцем виділення теплоти і тепловою трубою та більш ефективно використати внутрішній об'єм електронного приладу. Особливо велике значення це має при використанні теплових труб в мобільних пристроях, таких як планшети, смартфони та в інших мініатюрних електронних виробках.

В результаті проведеного літературного огляду було визначено, що на даний час існує достатньо публікацій, які присвячені темі пласких теплових труб та їхнього використання. Наприклад, в роботах [1] та [2] використовувалися мініатюрні пласкі теплові труби для охолодження мобільних електронних пристроїв. Вони показали свою ефективність, а саме: покращення теплових характеристик модуля охолодження, підвищення продуктивності та ефективної теплопровідності. В той же час, проводились експерименти, описані в джерелах [3] та [4], в яких пласкі теплові труби застосовувались для систем охолодження потужних габаритних установок (рис. 1).



Рисунок 1 – Конструкція з вбудованою пласкою тепловою трубою

Проблема створення систем охолодження мініатюрних пристроїв є досить актуальною і для успішного її вирішення необхідно дослідження процесів, характеристик та способів оптимізації параметрів пласких теплових труб.

Перелік посилань:

1. Lallemand M., Lefevre F. Micro/Mini heat pipes for the cooling of electronic devices. Preprints of the 13th Int. Heat Pipe Conference, Shanghai, China. 2004. pp. 12-23.
2. Ahamed M. S., Saito Y., Mashiko K., Mochizuki M. Characterization of a high performance ultra-thin heat pipecooling module for mobile hand held electronic devices. Heat Mass Transfer. 2017. № 53. pp. 3241–3247.
3. Нестеров Д. А., Деревянко В. В., Сунцов С. Б. Программный комплекс теплового моделирования бортовой радиоэлектронной аппаратуры с плоскими тепловыми трубами. Решетневские чтения. 2016. Том 1. С. 236-238.
4. Шарков А.В., Кораблев В.А., Герасютенко В.В. Система охлаждения на основе тепловой трубы с устройством поглощения теплоты от мощных источников. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2018. Том 18. № 1. С. 133-139.

Магістрант 5 курсу, гр. ТФ-91мп Баченко А.О.;
Проф., д.т.н. - Кравець В.Ю., доц., к.т.н. Лебедь Н.Л.

ВПЛИВ ДІАМЕТРУ ПАРОВОГО ПРОСТОРУ НА МАКСИМАЛЬНИЙ ТЕПЛОВИЙ ПОТІК В МІНІАТЮРНИХ ТЕПЛОВИХ ТРУБАХ

Зниження масогабаритних характеристик електронної техніки при одночасному збільшенні її функціональних можливостей ставить актуальним завдання підтримки заданих температурних режимів елементів електронної апаратури. В якості таких пристроїв можуть використовуватися мініатюрні теплові труби (МТТ), які при своїх малих габаритах мають досить високу ефективну теплопровідність.

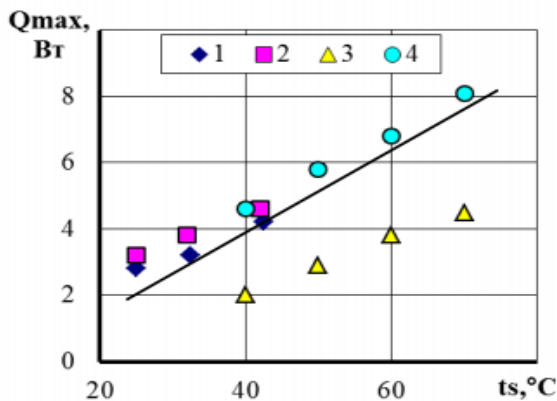
Критерієм, що характеризує мініатюрні теплові труби, служить число Бонда [1]:

$$Bo = d_{п.п.}^2 \cdot \frac{g \cdot (\rho' - \rho'')}{4 \cdot \sigma},$$

де $d_{п.п.}$ – діаметр парового простору теплової труби, g – прискорення вільного падіння, σ – поверхневий натяг теплоносія, $(\rho' - \rho'')$ - різниця густин рідини і пари.

Більшість дослідників в якості критерію використовують значення \sqrt{Bo} . Якщо у \sqrt{Bo} підставити внутрішній діаметр парового простору теплової труби, то при $\sqrt{Bo} < 1$ такі теплові труби можна вважати мініатюрними.

В роботі [2] представлено результати дослідження залежності максимального теплового потоку мініатюрної теплової труби від діаметру парового простору (рис.1).



1 – $d_{п.п.} = 1,2 \cdot 10^{-3}$ м кут нахилу до горизонту 90° , 2 – $d_{п.п.} = 1,2 \cdot 10^{-3}$ м кут нахилу до горизонту 0° ,
3 – $d_{п.п.} = 3 \cdot 10^{-3}$ м кут нахилу до горизонту 0° ,
4 – $d_{п.п.} = 4 \cdot 10^{-3}$ м кут нахилу до горизонту 0° .

Рис.1 Залежність максимального теплового потоку від діаметру парового простору в мініатюрній тепловій трубі.

Як показав аналіз наявних у літературі експериментальних досліджень теплепередаючі характеристики теплових труб залежить від багатьох факторів, а на самперед від діаметру парового простору і пористості гніту. Тому було прийнято рішення провести експериментальне дослідження залежності максимального теплового потоку від вище зазначених параметрів (діаметр парового простору теплової труби 3 мм, 4 мм і 6 мм при різній пористості гніту 70-80%).

Перелік посилань:

1. Кравець В.Ю Інтенсивність тепловіддачі в зоні випаровування мініатюрних теплових труб / Письменний Е.М., Некрашевич Я.В., Сологуб Д.Е. // Східно – Європейський науково-технічний журнал. № 6/8 (54) – 2011р. с.26–30.

2. Некрашевич Я.В. Теплопередавальні характеристики мініатюрних теплових труб з металоволокневою капілярною структурою: автореф. дис. на здобуття наук. ступення канд. техн. наук : спец. 05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика / Некрашевич Ярослав Васильович; Національний Технічний Університет України «Київський політехнічний інститут» – Київ – 2014 – 20с.

ОХОЛОДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕПЛОВИХ ТРУБ

В сучасній промисловості та техніці при теперішніх темпах розвитку постає багато питань, які необхідно вирішити науці. Одним з них є ефективне охолодження електронних компонентів для успішного функціонування і високої надійності електронних пристроїв.

Одними з найбільш ефективних систем, які задовольняють основним вимогам нормальної роботи електричних пристроїв в залежності від геометрії, теплофізичних характеристик та ін., є застосування системи охолодження на основі теплових труб.

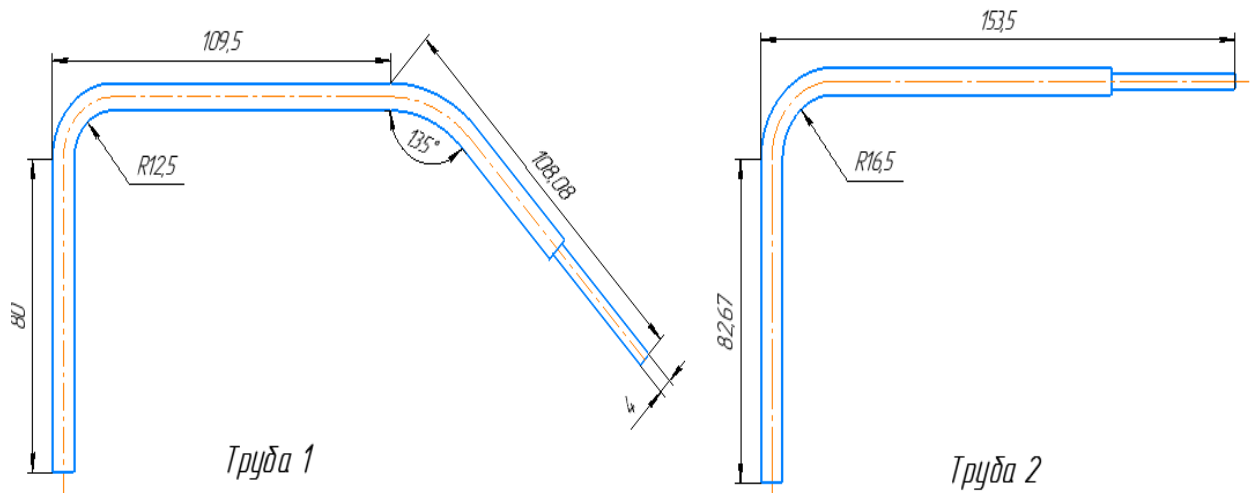


Рисунок 1 – Конструкційне виконання теплових труб

На основі вже проведених досліджень [1] згідно прототипу було виготовлено дві мідні теплові труби з зовнішнім діаметром 6 мм, довжиною 0,4 м (труба 1) і 0,35 м (труба 2) виготовлених з метало-волокнистою пористою структурою, діаметр і довжина волокон яких складає 70 мкм і 3 мм відповідно та пористістю 75%. В роботі проведено уточнення розрахунку максимальної теплопередавальної здатності для гнутих труб круглого перерізу, а також для гнутих труб прямокутного поперечного перерізу. Розрахунок проводиться згідно методики, приведеної в [2] із введенням складових, що враховують додаткові гідравлічні опори та зміну геометрії каналу.

Перелік посилань:

1. Михайлик В.Ю. Системи охолодження електронних компонентів ноутбука на основі теплових труб. В кн.: Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: мат. XVII міжнародної наук.-прак. конф., м.Київ, 23-26 квітня 2019р. У 2 т. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – Т. 1. – 313 с.

2. Чи С., Теловые трубы теория и практика. Москва: Машиностроение, 1981. 113 с

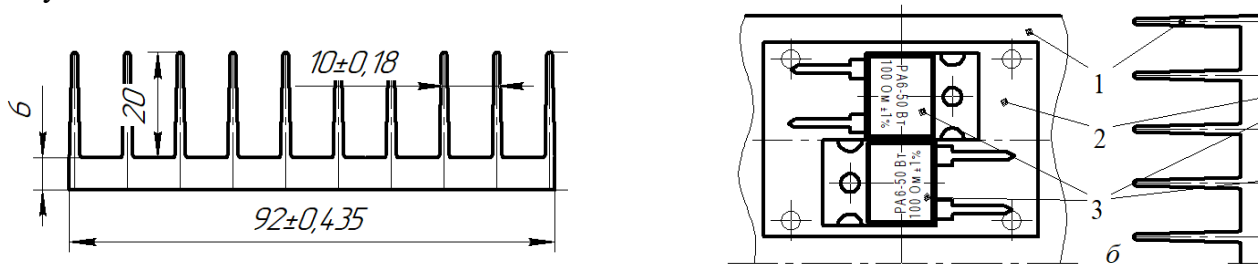
Студент 4 курсу, гр. ТЕ-61-2 Харченко О.В.
Ст.викл., к.т.н. Семеняко О.В.

МАКЕТ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОТУЖНИХ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ПРИБОРІВ

В даний час все гостріше стає проблема повітряного (або комбінованого – з використанням теплових труб) охолодження потужних радіоелектронних пристроїв, в тому числі активних фазованих антенних решіток (АФАР) – елементів антенних радіолокаційних станцій (РЛС) [1]. Тому метою даної роботи є виготовлення діючого макету системи охолодження АФАР РЛС та модернізація робочої ділянки аеродинамічного стенду для проведення дослідження теплоаеродинамічних процесів.

В якості основи макету тепловідвідного елементу системи охолодження був використаний стандартизований алюмінієвий профіль виробництва компанії «Корпорація «Алюміній» [2] показаний на рис. 1а. На основі вказаних вище стандартизованих профілів був виготовлений макет системи охолодження, що являє собою два з'єднаних між собою за допомогою штифтів профіля довжиною 500 мм. Між профілями розміщувалась алюмінієва (АД1) вставка шириною 8 мм і висотою 6 мм для забезпечення рівномірного кроку між ребрами суміжних профілів. Таким чином, було сформовано теплообмінну поверхню з коефіцієнтом оребрення $\psi \sim 4,8$.

По центральній поперечній лінії нижньої частини теплообмінної поверхні розміщувались чотири мідні підкладки – імітатори блоків елементів антенних РЛС. На кожній мідній підкладці, в свою чергу, було встановлено по два імітатори приймально-передавальних пристроїв – потужних джерел теплового потоку. В якості імітаторів використовувались кремнієві резистори РА6 з максимальною одиничною потужністю 50 Вт при розмірах 10×10 мм (рис. 1б). Імітатори з'єднувались між собою послідовно-паралельно таким чином, щоб забезпечити максимально можливий діапазон регулювання потужностей.



1 – профіль; 2 – мідна підкладка; 3 - імітатори джерел теплового потоку
Рис. 1. Стандартизований алюмінієвий профіль [2] (а) та елемент теплообмінної поверхні системи охолодження (б)

Наступним кроком в дослідженні і розробці запропонованих систем охолодження є модернізація робочої ділянки аеродинамічного стенду, проведення експериментальних випробувань і комбінація вищезазначених конвективних систем з системами випаровувально-конденсаційного типу – тепловими трубами.

Перелік посилань:

1. Биков Е.Б., Николаєнко Ю.Є. Актуальність проблеми розробки засобів тепловідведення від потужних приймально-передавальних модулів АФАР РЛС. „Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики”: зб. тез доп. XVI міжнар. наук.-практ. конф. Київ, 2018. (м. Київ, 24 – 27.04.2018 р.). С. 88.
2. «Корпорація «Алюміній». URL: /http://alu.kiev.ua/ (дата звернення: 03.03.2020).

Студент 4 курсу, гр. ТЕ-61-2 Половинкін К.О.
Проф., д.т.н. Кравець В.Ю.

ПРОЕКТУВАННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ІМІТАЦІЇ КОСМІЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ПОВЕРХНЮ НАНОСУПУТНИКА

Останнім часом в аерокосмічній інженерії набули поширення компактні космічні апарати (КА) формфактору CubeSat – наносупутники (НС). Такі КА несуть на борту розгалужену електронну систему, що поєднує в собі плати керування, чутливі пристрої, систему живлення та інше.

В умовах космічного простору НС зазнає знакозмінних температурних навантажень, що може призвести до збоїв в роботі як окремих частин НС, так і апарату в цілому [1]. Постає задача дослідження температурного навантаження на КА в лабораторних умовах на етапі проектування і тестування [2].

Метою даної роботи є проектування і фізичне відтворення установки для імітації космічного випромінювання на досліджуваний об'єкт. Установку було сконструйовано у відповідному формфакторі – куб із габаритами 500x500x500 мм.

Імітація космічного випромінювання здійснюється шляхом перетворення електричної енергії струму в теплову. В якості нагрівача (тепловиділяючого елемента) було обрано ніхромовий дріт, навантаження на якому визначається керуючою платою, що була запрограмована відповідно до умов експлуатації НС. На кожній грані установки розміщено чотири нагрівачі (загалом 24 нагрівачі). Окремо розміщено тепловиділяючі елементи на граничних межах установки – в ребрах конструкції. Така компоновка дозволяє імітувати теплове випромінювання на досліджуваний об'єкт в будь-якому напрямку, залежно від розрахункових умов експлуатації КА.

Можливість розсіювання теплового потоку за межі установки було виключено шляхом встановлення тепловідбивних екранів. Крім того, кожний тепловиділяючий елемент розміщено у спеціальній V-подібній канавці, що дозволяє фокусувати теплове випромінювання в центр установки.

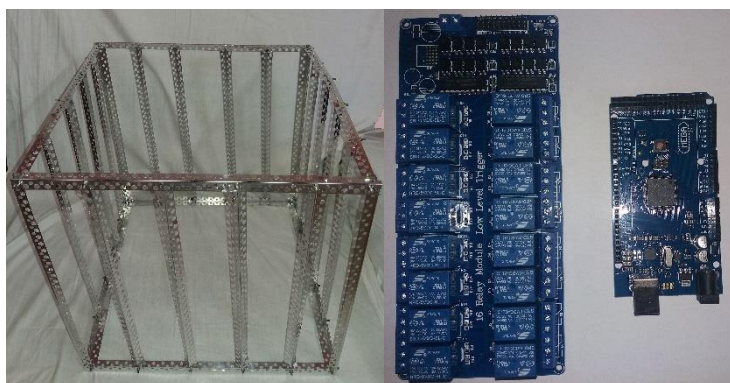


Рисунок 1 – конструкція установки в розгорнутому вигляді (зліва) і система керування (справа)

Перелік посилань:

1. А.И. Чумаков. Действие космической радиации на интегральные схемы. – М.: Радио и связь, 2004. – 320 с.
2. Baker, D.N. “Effects of hostile space weather on satellite operations,” IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC), pp. 306-311, 14-19 Aug. 2011.

Студент 4 курсу, гр. ТЕ-61-2 Половинкін К.О.
Проф., д.т.н. Кравець В.Ю.

СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРА НА ОСНОВІ ДВОФАЗНОГО ТЕРМОСИФОНА

Мікропроцесори набули широкого поширення як в побутовій електроніці, так і в високопродуктивних системах. В останні роки загальною тенденцією розвитку мікропроцесорів є безперервне підвищення їх продуктивності. Це стає можливим за рахунок збільшення кількості напівпровідникових елементів на мікросхемі при незначних змінах її площі. Така тенденція призводить до збільшення тепловиділення з одиниці площі поверхні мікропроцесора, що вимагає підвищення продуктивності системи охолодження.

Відведення теплоти ускладнено тим, що напівпровідникова структура має порівняно невеликі розміри, а це вимагає розробки спеціальних систем охолодження з розвиненою поверхнею, пошуків найбільш ефективних способів охолодження. Питоме теплове навантаження напівпровідникової структури в сучасних мікропроцесорах сягає 50 Вт/см². В таких умовах навіть найбільш продуктивні повітряні і рідинні системи охолодження не можуть забезпечити стабільність температурного режиму. Це може привести до перегріву мікропроцесора і зниження ефективності його роботи. Одним з дійових методів охолодження можна вважати двофазні термосифони [1,2]. У даній роботі було сконструйовано і випробувано систему охолодження, засновану на випарних процесах в термосифоні. Інтенсивність теплообміну при кипінні вельми висока, що забезпечує відведення значних щільностей теплового потоку від мікропроцесора [3].

На рисунку 1 представлено розроблену в ході даної роботи систему охолодження мікропроцесора на основі двофазного термосифона. Додатково було використано елемент пасивного охолодження - повітряний теплообмінник (радіатор). Це необхідно для збільшення тепловіддачі в навколишнє середовище від поверхні термосифона.



Рисунок 1 – система охолодження мікропроцесора на основі термосифона в розрізі (зліва) і вид знизу (справа)

Перелік посилань:

1. Безродный М.К., Пиоро И.Л., Костюк Т.О. Процессы переноса в двухфазных термосифонных системах: монография. Киев:Факт,2003.479 с.
2. Paramatthanuwat T., Boothaisong S., Rittidech S., Booddachan K. Heat transfer characteristics of a two-phase closed thermosyphon using de ionized water mixed with silver nano. Heat Mass Transfer. 2010. Vol. 46. P.281–285.
3. Bieliński H., Mikielewicz J.: Computer cooling using a two phase minichannel thermosyphon loop heated from horizontal and vertical sides and cooled from vertical side. Arch. Thermodyn. 31(2010), 4, 51–59

Студент 4 курсу, гр. ТЕ-61-2 Половинкін К.О.
Доц., к.т.н. Баранюк О.В.

КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ І НАПРУЖЕНЬ В ЛОПАТКАХ ГАЗОВИХ ТУРБІН В ПРОГРАМНОМУ ПАКЕТІ ANSYS

На сучасному етапі розвитку газотурбобудівництва генеральним напрямом є підвищення параметрів робочого тіла на вході в турбіну, насамперед, температури, що, як відомо, призводить до підвищення коефіцієнту корисної дії та питомої потужності установки, зменшенню її питомої маси, габаритів та вартості. Зростання початкової температури газу є підґрунтям проблеми забезпечення працездатності елементів газотурбінної установки (ГТУ), схильних до впливу високих температур газу в поєднанні з великими зовнішніми навантаженнями. Ця проблема вирішується з одного боку вдосконаленням конструкційних матеріалів і технологій виготовлення деталей ГТУ, контактуючих з високотемпературним робочим тілом, з іншого боку – розробкою та впровадженням різноманітних систем охолодження.

Перші ступені турбіни піддаються величезним напруженням від спільної дії відцентрових навантажень і теплових потоків гарячого газу, що вийшов з камери згоряння. Створення ефективно працюючої турбіни неможливо без коректного визначення всіх навантажень, що діють на її вузли. З огляду на величезну температуру газу (до 2000 К) і високий тиск (до 4 МПа), проведення експериментальних досліджень стає вкрай складним і дорогим. З усіх елементів високотемпературного тракту ГТУ в найбільш напружених умовах працює лопатковий апарат турбіни, ступінь досконалості якого більшою мірою визначає рівень економічності та надійності не тільки турбіни, а й всієї ГТУ. Оцінка надійності роботи лопаткового апарату безпосередньо базується на знанні його температурного стану.

При експлуатації ГТУ неодноразово трапляються випадки появи тріщин в лопатках турбін через нерівномірне прогрівання (або охолодження) тонких кромки і масивної центральної частини лопаток в процесі швидкої та значної зміни температури газу. Відповідні температурні напруження і деформації при багаторазовому їх повторенні викликають температурні руйнування лопаток.

В доступній технічній літературі незначна кількість робіт, присвячених нестационарному температурному полю лопаток [1, 2]. Наявні розрахунки підтверджують можливість виникнення значної різниці температур в лопатках турбін, а також свідчать про помітний вплив ряду експлуатаційних факторів.

У зв'язку з цим в даній роботі наведено аналіз перехідних режимів роботи ГТУ і досліджено температурне поле та напружений стан лопаток при таких режимах за допомогою програмного пакету ANSYS. Ґрунтуючись на розробленій методиці наближеного розрахунку, що дозволяє без застосування громіздких методів і моделюють пристроїв оцінити розподіл температурного поля при різних режимах, виявлені основні фактори, що впливають на цей розподіл, а також теоретично оцінено і експериментально перевірено ступінь впливу цих факторів. За результатами дослідів, проведених на реальній ГТУ, оцінені нерівномірність температурного поля і напружений стан лопаток.

Перелік посилань:

1. Квитка А.А. и др. Определение нестационарных температур полей методом конечных элементов. "Проблема прочности", 1975, N10.
2. Liebmman G. Solution of Transien Heat-Transfer Problem by the Resistans-network Analog Method. - Trans. ASME, 1956, Vol. 78. N6, P.1267-1272.

Студент 4 курсу, гр. ТЕ-61-2 Демченко В.В.
Доц., к.т.н. Баранюк О.В.

CFD-МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ І ГІДРОДИНАМІКИ В БАКУ АКУМУЛЯТОРІ ТЕПЛОТИ

Постійний ріст ціни на викопні енергоносії вимагають від сучасних систем опалення та гарячого водопостачання максимального використання альтернативних джерел теплоти. Через те, що піки вироблення і споживання теплоти в таких системах, як правило, не збігаються в часі – неможливо забезпечити ефективне використання альтернативних джерел без інтеграції в систему теплопостачання бака акумулятора. Акумулятор теплоти – це зазвичай теплоізольована ємність, призначена для акумулювання теплоти та нагріву гарячої води. На сьогодні баки акумулятори теплоти стали невід’ємною частиною схем систем опалення. Вони використовуються в системах опалення сумісно з сонячними колекторами, тепловими насосами, твердопаливними котлами та електричними нагрівачами, що працюють за нічним тарифом [1, 2, 3].

В основі принципу роботи бака акумулятора теплоти, лежить використання високої теплоємності води. Акумулюючі ємності використовують в системах опалення зазвичай спільно з твердопаливними котлами, електричними котлами, тепловими насосами і іншими джерелами тепла. Бак акумулятор дозволяє зняти напруженість системи від перепадів температур, захищають від закипання, а також здатні підтримувати температуру теплоносія певний час при виключенні джерела нагріву. Так само буферна ємність дозволяє розширити діапазон управління температури теплоносія. Акумулюючі ємності можуть бути обладнані змійовиком для нагріву гарячої води або для підтримання заданої робочої температури теплоносія. Це їх принципова відмінність від бойлерів непрямого нагріву. Однак водогрійним бакам акумуляторам притаманне явище термоклинку та висока теплова інертність.

Відмінністю представленої конструкції від відомих є наявність так званого «теплового ядра» в центрі теплоізольованого бака, заповненого водою. В якості теплоакumuлюючого матеріалу «теплового ядра» використовується парафін, теплоакumuлюючі властивості якого не гірші, ніж у води. Необхідність застосування «теплового ядра» спрямована на інтенсифікацію теплообміну та запобігання стратифікації по висоті бака акумулятора теплоти.

Метою представленого дослідження є визначення теплофізичних властивостей парафіну, що має бути використаний при формуванні «теплового ядра». Для досягнення поставленої мети використовувалось припущення, що бак акумулятор нагрівався 1 год водою з температурою 115 °С яка рухалась вздовж поверхні теплообміну, яка конструктивно виготовлена у вигляді змійовика, з витратою 2,2 м³/год. Під час проведення досліджень також визначено час охолодження баку до температури 50 °С.

Проведене дослідження дозволяє автоматизувати процес розрахунку баків акумуляторів і провести їх модернізацію для підвищення ефективності використання.

Перелік посилань:

1. НПП «Гидротерм Инжиниринг»: [сайт]. URL: [https:// http://www.gidro-term.com.ua/142-stati/376-bak-akkumulyator-tepla-teploakkumulyator-ustrojstvo-montazh-normy](https://http://www.gidro-term.com.ua/142-stati/376-bak-akkumulyator-tepla-teploakkumulyator-ustrojstvo-montazh-normy).
2. ДБН В.2.5-77:2014, Котельні, Мінрегіонбуд України, Київ – 2014
3. ДБН В.2.5-39:2008, Теплові мережі, Мінрегіонбуд України, Київ – 2009

СЕКЦІЯ №4

**Теплогідравлічні
процеси в тепло- і
парогенеруючих
установках**

Аспірант Кулинич В.С.
Доц., к.т.н. Рогачов В.А.

ТЕПЛОАПРУЖЕНИЙ СТАН ТРУБ ПЛОСКООВАЛЬНОЇ ФОРМИ

Пошук раціональних способів інтенсифікації процесів передачі тепла є одним з головних напрямків удосконалення теплообмінних апаратів. Особливої актуальності вирішення цієї проблеми набуває в умовах підвищення ККД промислових котлів, зокрема, заміною поверхонь нагріву на більш ефективні. Одним із таких рішень є збільшення площі поверхонь нагріву за рахунок оребрення та поліпшення її обтічності. Але встановлення пучків труб з оребренням замість типових економайзерних поверхонь з гладких труб, призводить до збільшення її металоемності, а також, значної витрати металу на виготовлення і встановлення у газохід котла.

На сьогодні добре себе зарекомендували труби плоскоовальної форми без ребер (рис. 1а) і плоскоовальні труби з неповним поперечним оребренням (рис. 1б), через свою зручнообтічну форму. Їх можна побачити в якості теплообмінних поверхонь в утилізаторах теплоти відхідних димових газів паливовикористовуючого обладнання, апаратах повітряного охолодження, «сухих» градирнях [1].

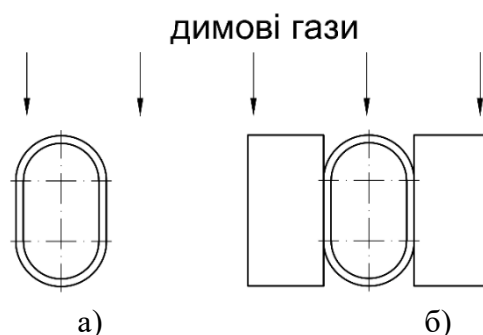


Рисунок 1 – Труби зручнообтічної форми: а) плоскоовальні гладкі;
б) плоскоовальні з неповним поперечним оребренням

Попередні дослідження показали, що інтенсивність тепловіддачі поверхонь нагріву з пучків труб плоскоовальної форми більша на 15-20 % порівняно з пучками круглих труб, а їх аеродинамічний опір зменшується у 1,5-2 рази. При цьому теплоаеродинамічна ефективність поверхонь збільшується у 1,2-1,6 рази [2].

Не менш важливою проблемою для котельної техніки є надійність та технічний ресурс зазначених трубчастих поверхонь. На сьогодні в літературі вельми обмежена інформація про теплонапружений стан та показники тривалої міцності труб плоскоовальної форми. З метою отримання нових даних, розроблена методика численного моделювання на базі «Solidworks» теплонапруженого стану труб плоскоовального профілю, що працюють в різних теплогідрравлічних умовах. Результати досліджень порівнюються з даними для труб круглої форми.

Перелік посилань:

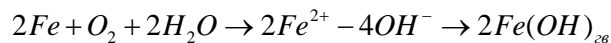
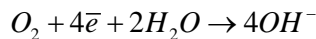
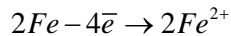
1. Analysis and generalization of the experimental data on heat transfer in the staggered bundles of flat-oval pipes V.Kondratyuk, A.Terekh, V.Rogachev, A.Baranyuk, A.Rudenko International Journal of Energy for a Clean Environment 2017, V.18, N3, P.189-202; DOI - <https://dx.doi.org/10.1615/InterJEnerCleanEnv.2017021912>.

2. Письменный Е.Н., Рогачев В.А., Баранюк А.В., Семеняко А.В., Вознюк М.М. CFD-моделирование процессов теплообмена труб удобообтекаемой формы с неполным поперечным оребрением. Международный научно-исследовательский журнал. №1(20), 2014, часть 1, с.30-36.

Студент 4 курсу, гр. ТЕ-61-1 Півторацький В.В.
Доц., к.т.н. Мариненко В.І.

РЕКОНСТРУКЦІЯ ВОДЯНОГО ЕКОНОМАЙЗЕРА КОТЛА БКЗ-75-39ФБ

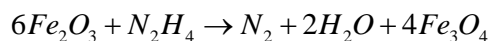
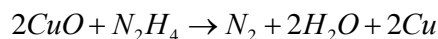
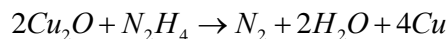
Ряд з'єднань, особливо солі кальція і магнія можуть відкладатися в котлі в зоні максимального зниження їх розчинності. Крім відкладень солей жорсткості, серйозну небезпеку являють також продукти відкладень корозії. Запишемо рівняння, в результаті яких може виникати тверда фаза продуктів корозії:



В теперішній час ефективних способів запобігання виникненню твердої фази продуктів корозії ще не розроблено.

Основним шляхом зниження інтенсивності утворення залізоокисних відкладень на стінках труб є зниження інтенсивності корозійних процесів в конденсатно-живильному тракті і в поверхнях нагріву котлів.

При гідразінно-аміачному водному режимі роботи котла придушення корозійних процесів здійснюється за рахунок глибокого обезкиснення води і підвищення її лужності за рахунок вводу аміаку:



З метою зниження корозійних процесів водяного економайзера котла БКЗ-75-39ФБ авторами прийнято рішення реконструювати водяний економайзер без зміни схеми водопідготовки живильної води.

Реконструкція економайзера виходила із наступних особливостей його роботи:

1. Практика показує, що пошкодження труб економайзера групуються в зоні вхідних по воді ділянок "холодного" 1-го блоку, де рівень температур не перевищує 300 °С.

2. Вхідні ділянки змійовиків "холодного" блоку (Ø38x3,5мм) забиваються відкладеннями за короткий строк після капітального ремонту.

На основі вище викладеного, прийняті такі рішення:

1. Перший по воді блок водяного економайзера розбивається на 2 секції, приблизно рівні по висоті.

2. Нижня секція першого блоку виконується з труб Ø51x4 мм. Масова швидкість води на номінальному навантаженні – 340 кг/м²с. Збільшені діаметри і товщина стінки повинні запобігати швидкому забиванню вхідних ділянок і утворенню свищів [1]. Друга секція виконується з труб Ø38x3,5 мм. Масова швидкість води - 550 кг/м²с.

В результаті запропонованої реконструкції буде проведено конструкторський тепловий розрахунок економайзера за методикою [2], але з врахуванням нових рішень авторів.

Перелік посилань:

1. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Копп И.З., Мякочкин А.С. Эффективные поверхности теплообмена. М.:Энергоатомиздат, 1998. 408 с.

2. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). Издание третье, переработаное и дополненное. Санкт-Петербург, 1998. 258 с.

Студент 4 курсу, гр. ТЕ-61-1 Собко Л.В.
Доц., к.т.н. Мариненко В.І.

ВИКОРИСТАННЯ КОНДЕНСАЦІЙНИХ УТИЛІЗАТОРІВ В КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВКАХ

Втрата теплоти з відхідними газами являє собою основну втрату теплоти в КУ. Величина цих втрат в котлах в номінальному режимі сягає 17-18% (7-8% - явна теплота, 10%- прихована теплота пароутворення водяної пари). Даний рівень втрат відповідає температурі відхідних газів 140 °С .

За останні 25-30 років, в зв'язку з тенденцією енергозбереження, в Україні спостерігається прагнення до зниження температури відхідних газів нижньої точки роси. Згідно вимогам стандартів промислово-розвинених країн температура відхідних газів котлів не повинна перевищувати 60 °С.

Таким чином, фактично, мова йде про глибоку утилізацію теплоти відхідних газів, коли використовується не тільки явна теплота, але й прихована теплота водяної пари.

Технологія глибокої утилізації теплоти з відхідними газами втілюється за допомогою конденсаційних теплообмінних апаратів двох типів – контактних і поверхневих.

В рамках даної роботи розглядається питання глибокої утилізації теплоти відхідних газів з використанням поверхневих конденсаційних теплообмінних апаратів [1].

Окрім енергозберігаючої функції конденсаційні теплоутилізатори виконують і природоохоронну роль тому, що зменшується кількість шкідливих викидів в атмосферу, таких як оксиди азоту (до 50%) і діоксиди вуглецю (до 30%).

Очікується отримати наступні результати:

1. Підвищити ККД котла за рахунок використання теплоти відхідних газів (більш глибокої утилізації);
2. Розробити проект утилізаційного теплообмінника.

Перелік посилань:

1. Буглаев В.Т., Андреев М.М. Метод расчета теплообмена при конденсации пара из потока паровоздушной смеси на трубных пучках теплообменных аппаратов. *Теплоэнергетика*. 1975. №8. С. 69-73.

Магістрант 5 курсу, гр. ТК-91мп Банах І.С.
Доц., к.т.н. Рогачов В.А.

ВОДЯНИЙ ЕКОНОМАЙЗЕР КОТЛА З ПАКЕТІВ ТРУБ З КОНФУЗОРНИМ ПІДГІНАННЯМ РЕБЕР

В зв'язку із значним подорожчанням матеріальних та енергетичних ресурсів, актуальною є задача ресурсо- та енергозбереження. Важливим рішенням цієї задачі є розробка та впровадження нових типів конвективних теплообмінних поверхонь, зокрема, які застосовуються в котлоагрегатах.

Економізаторна поверхня котлоагрегату призначена для підігріву живильної води, який відбувається за рахунок тепла відхідних газів з топки. Зазвичай, економізатори виконують з пакетів гладких круглих труб, які в більшості випадків мають шахове компонування [1]. Для підвищення інтенсивності зовнішнього теплообміну труби ребруються [2].

В пакетах економізаторної поверхні котла з круглими та гладкими трубами, для інтенсифікації теплообміну застосовують конфузорне підгинання ребер, яке зображене на рис. 1.

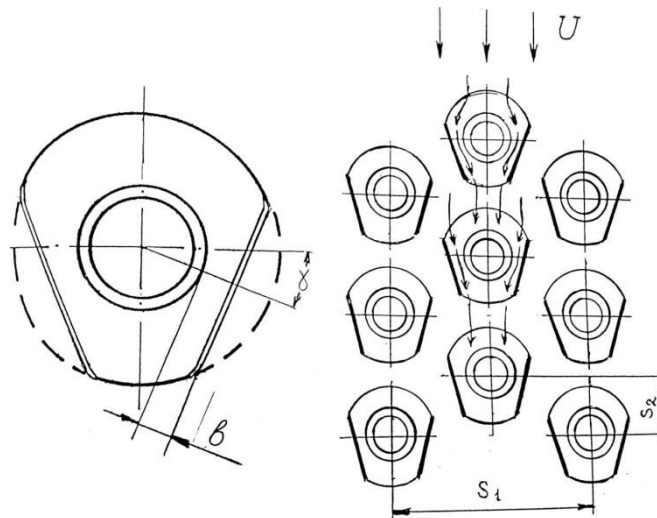


Рис. 1 - Шаховий пакет труб з конфузорним підгинанням ребер економізаторної поверхні котла

Конфузорне підгинання ребер призводить до різкої зміни обтікання пакетів труб, що впливає на інтенсифікацію теплообміну та аеродинамічного опору поверхні. Використання даного методу інтенсифікації дозволяє на (20-25)% зменшити масо-габаритні показники поверхні та зробити її більш компактною в порівнянні з поверхнями з пакетів круглоребристих труб.

Перелік посилань:

1. Письменный Е.Н. Теплообмен и аэродинамика пакетов поперечно-ребренных труб.- Киев: Альтерпрес, 2004. - 244с.
2. РТМ 108.030.140-87. Расчет и рекомендации по проектированию поперечно-ребренных конвективных поверхностей нагрева стационарных котлов. - Л.: Минэнергомаш, 1988. -30с.

Магістрант 5 курсу, гр. ТК-91мп Биков Е.Б.
Ст.викл., к.т.н. Воробйов М.В.

КОНДЕНСАЦІЙНИЙ ТЕПЛОБМІННИК-УТИЛІЗАТОР З ПЛОСКООВАЛЬНИХ БІМЕТАЛІЧНИХ ТРУБ З ГОФРОПОДІБНИМ ОРЕБРЕННЯМ

Утилізація теплоти відхідних газів у режимі конденсації та створення утилізаційних апаратів на поточний час є одним напрямків економії енергоресурсів в енергетиці багатьох країн Європи та світу, що найдинамічніше розвиваються. Також, постійно змінюються та стають більш жорсткими екологічні норми, як з боку викидів теплової енергії, так і з боку викидів CO/NO_x. Прихована теплота пароутворення (яка становить 2258 кДж/кг), якщо її вдало використовувати, може вносити суттєвий вклад в загальний тепловий баланс котельної установки, у зв'язку з тим, що при згорянні 1 м³ газу виділяється близько 1 кг води.

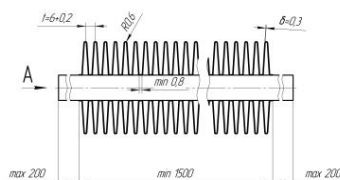
Аналіз роботи парового котла ДЕ-10-14 ГМ Ульянівської ТЕЦ-3 [1] показує, що встановлення конденсаційного поверхневого теплоутилізатора дозволило підвищити коефіцієнт використання палива в середньому на 7-8% і, одночасно, знизити вміст оксидів азоту в димових газах на 27-29%. Зниження вмісту токсичного діоксиду азоту в відхідних газах відбулося за рахунок його розчинення в конденсаті водяної пари, що виділився з продуктів згорання при їх охолодженні нижче точки роси, що дорівнює 55,3 °С при α_{від}=1,25. Таким чином, конденсаційний теплоутилізатор є не тільки теплообмінником, але, в певній мірі, газозуловлювачем. При цьому ступінь очищення продуктів згорання від оксидів азоту підвищується зі збільшенням кількості конденсату водяної пари, що виділяється на теплоутилізаційній поверхні.

Критеріальне рівняння процесу з урахуванням конденсації на оребрених біметалічних трубах наведене в [2] має вигляд $Nu_{ж,d} = 4,55 \cdot Re_{ж,d}^{0,315} \cdot K_{ж,d}^{0,388} \cdot Pr_{ж}^{2/3}$ та може бути застосовано для діапазону $875 < Re < 3500$; $0,55 < K < 1,0$; $0,5 < Pr < 1,0$.

Підвищити ефективність теплообміну можна, використовуючи оребрені труби з просічним оребренням (див. рис.). Завдяки ефективній і малозатратній технології виготовлення, вони широко застосовуються в енергетиці [3], і створення теплообмінників з них є повністю доцільне.



а



б

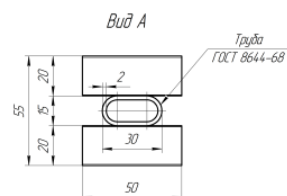


Рисунок 1 – Плоскоовальна труба з гофropодібним оребренням: зовнішній вигляд (а) та конструктивні параметри (б)

Перелік посилань:

1. Зиганшина С.К. Использование конденсата водяных паров из уходящих газов в системе теплоснабжения Ульяновской ТЭЦ-3 // Новости теплоснабжения. 2013. №11. Т.159. URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3180 (дата звернення: 04.03.2020).

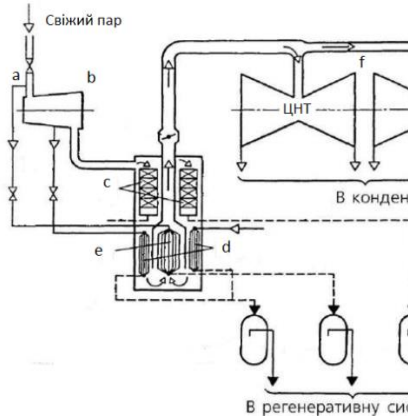
2. Кудинов А.А. Энергосбережение в теплогенерирующих установках. М: Машиностроение, 2011. 374 с.

3. Тимохин И.В. Повышение эффективности теплообменных аппаратов на основе модификации теплообменных поверхностей (оробрение) с использованием ПАВ // Студенческий форум: электрон. научн. журн. 2018. № 28(49). URL: <https://nauchforum.ru/journal/stud/49/44483> (дата звернення: 04.03.2020).

Магістрант 5 курсу, гр. ТК-91мп Бунда М.М.
Доц., к.т.н. Новаківський Є.В.

СЕПАРАТОР-ПАРОПЕРЕГРІВАЧ СПП-250, ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ОРЕБРЕННЯ ТЕПЛООБМІННОЇ ПОВЕРХНІ

На турбінах АЕС з реакторами типу ВВЕР-1000, що працюють на насиченому парі, однією з найбільш важливих є проблема зменшення вологовмісту в проточній частині турбіни. Поступаючий пар в турбіну має вологовміст близько 0,3% і якщо турбоустановка не буде мати вологовідділювача, то вологість в останніх ступенях може досягати 24%, що призведе до значного зниження внутрішнього ККД турбіни і недопустимої ерозії лопаток. Тому для осушування і перегріву пари, поступаючої після циліндра високого тиску (ЦВТ) турбіни призначені сепаратори-пароперегрівачі (СПП). [1]



4.

6. Рис. 1 – Схема із включенням СПП в ПТУ

Пар після ЦВТ турбіни з вмістом води близько 15% попадає на сепараційний пристрій (жалюзійні пакети). Вода затримується на поверхні жалюзі і стікає в корито, яке знаходиться під пакетом, звідки направляється в сепараторзбірник (СЗ). Сепарат з СЗ зливається в підігрівач низького тиску (ПНТ) (ном.реж.), або в конденсатор (пониж.нав.).[1]

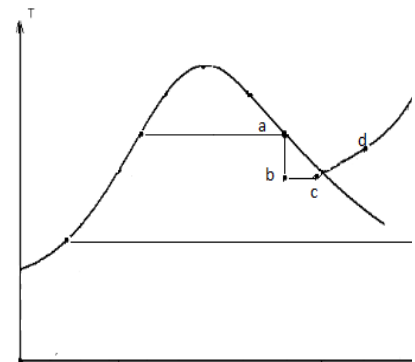
Після жалюзійних пакетів осушений пар (вологовміст 0,2-0,1%) поступає в пароперегрівник (ПП). В ПП першочергово проходить вниз по трубах модулів першої ступені перегріву, розташованих по периферії, де нагрівається від 137°C до 192°C, після чого пар у днища апарату розвертається і направляється вгору по трубах модулів другої ступені перегріву, де нагрівається до 263°C і, через центральну трубу відводиться на циліндр низького тиску (ЦНТ) турбіни.[2]

Гріючий пар 1(перший відбір) і 2(гостра пара) ступенів перегріву поступає в міжтрубний простір модулів і, нагріваючи основний потік пару, конденсується. Конденсат гріючого пару відводиться в конденсаторзбірники (КЗ), звідки через регулюючі клапани направляється в деаератори(ном.реж.), або конденсатор турбіни(пониж.нав.).

Для покращення процесу теплообміну в ППП ми вирішили замінити гладкотрубні пучки труб, на пучки з повздовжнім оребренням. Перевагою таких труб є збільшення поверхні теплопередачі. Недоліком такого типу оребрення є те, що за відсутності турбулентності в повздовжніх трубах пар буде розділятися на слої, і в теплопередачі з поверхнею пучків будуть брати участь тільки пограничні слої.

Перелік посилань:

1. http://reactors.narod.ru/rbmk/12_ssh.htm#head1
2. РТМ 108.020.107-76 Тепловий та гідравлічний розрахунок проміжних сепараторів-пароперегрівачів турбін насиченого пару АЕС, 1976р.



5.

7. Рис.2 – Т-Сдіаграма

Магістрант 5 курсу, гр. ТК-91мп Євграфов Г.О.
Доц., к.т.н. Мариненко В.І.

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНВЕКТИВНОЇ ПОВЕРХНІ НАГРІВУ КОТЛА КВГ-8

Змійовикова конвективна поверхня нагріву котла КВГ-8 виготовлена з труб діаметром 28 мм, які розміщені рівномірно по довжині і висоті газоходу шахти с поперечним кроком 64 мм і повздовжнім кроком 35 мм. На основі досвіду експлуатації водогрійного котла КВГ-8 мали місце відносно високі гідравлічний і аеродинамічний опори конвективної поверхні, завдяки малому діаметру самої труби поверхні і малому кроку їх розташування. Труби малого діаметру швидше зашлаковуються, знижується теплотем труб і, як наслідок, ККД котла. Також доводиться частіше замінити конвективну поверхню нагріву чи котел в цілому. Середній термін експлуатації конвективної поверхні нагріву - до 10 років, а заводський термін експлуатації котла, в якому встановлена така конвективна поверхня нагріву, прийнятий рівним 14 років.

В основу пропозиції покладено завдання вдосконалення конструкції прямооточного водогрійного котла на газовому паливі в якому, завдяки використанню труб більшого діаметру [1] в конвективній поверхні нагріву і змінення кроку їх розташування (змівікові труби конвективної поверхні нагріву будуть виконані діаметром 32 мм і розміщені у шахової порядку з поперечним кроком 72мм і повздовжнім 35 мм), забезпечується збільшення поверхні нагріву і тим самим її теплотем, зменшення температури відхідних газів і збільшення ККД котла, а також зменшення гідравлічного і аеродинамічного опорів. За рахунок цього заощаджується витрата газу, зменшується кількість парникових газів і шкідливих викидів в атмосферу, а також зменшується витрата електроенергії на приводи циркуляційних насосів і димососа.

Сукупність пропозицій дозволяє вирішити поставлене завдання тому, що в трубах більшого діаметру зменшується швидкість води і зменшується гідравлічний опір, збільшується термін експлуатації труб до їх зашлакування, зменшується швидкість продуктів згорання при збільшенні поперечного кроку труб і зменшується аеродинамічний опір, а також збільшується загальна площа труб і тому збільшується теплотем і тим самим суттєво знижується температура відхідних газів і внаслідок цього підвищується ККД і, як результат, зменшується витрата газу [2].

Перелік посилань:

- 1.Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Копп И.З., Мякочкин А.С. Эффективные поверхности теплообмена - М.:Энергоатомиздат, 1998. 408 с.
- 2.Тепловой расчет котлов (нормативный метод). Издание третье, переработаное и дополненное. Санкт-Петербург, 1998. 258 с.

Студент 5 курсу, гр. ТК-91мп Логвинюк М.О.
Доц., к.т.н. Новаківський Є.В.

ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ NO_x, ШЛЯХОМ СТУПЕНЕВОГО СПАЛЮВАННЯ

На сьогоднішній день важливу частину у проектуванні або реконструкції парових котлів приділяється увага екологічним показникам. Згідно Директиви 2010/75/EU концентрація викидів NO_x має не перевищувати 200 мг/м³ [1]. Один з методів зниження утворення NO_x є пониження температури в зоні активного горіння. В роботі [2] розглядається зниження теплового напруження в зоні активного горіння шляхом застосування більшої кількості пальників розташованих в декілька ярусів але меншої потужності, в порівнянні з одно-, двоярусним розташуванням пальників в базовому варіанті котла. На рис. 1 наведено розподіл тепловиділення по висоті топки. Така модернізація котла призводить до розтягування факела, і, відповідно, до зменшення максимальних температур в зоні активного горіння. На рис. 2 наведено зміну температури факела по висоті топки при багоярусному розташуванні пальників [2]. Для вирівнювання тепловиділення по висоті топки та зниження температури в факелі по висоті топки пропонується комбінація багоярусного розташування пальників зі ступеневим спалюванням палива. Ступеневе спалювання палива з коефіцієнтом надлишку повітря 0,85-0,95 в зоні активного горіння [1] призведе до суттєвого механічного та хімічного недопалу, і, відповідно, до падіння адиабатної температури горіння. Подальше допалювання палива відбувається у верхній частині топки з подачею залишкового кисню, але при більш низьких температурах.

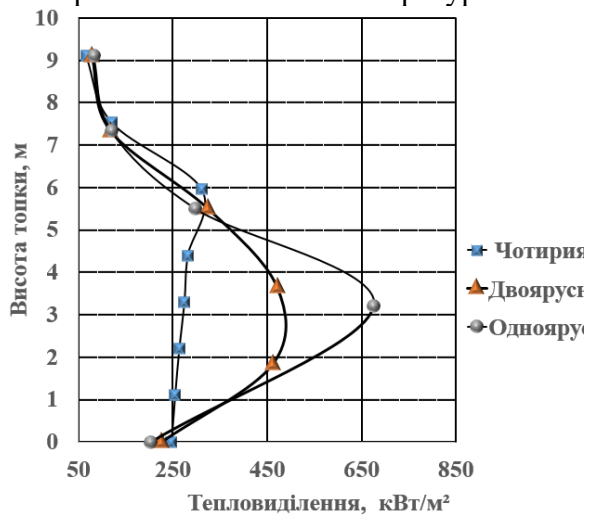


Рисунок 1 – Тепловиділення по висоті

Переваги:

- Зменшення NO_x 60-70% [1];
- Підвищення надійності роботи котла [2];

Недоліки:

- Ускладнення конструкції котла [1];
- Можливість зростання хімічного та механічного недопалу.

Перелік посилань:

1. Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику України/[І.А. Вольчин, О.І. Топал та ін.] – Київ, 2013. - 320 с.

2. Логвинюк М.О., Новаківський Є.В. Підвищення надійності роботи котла, шляхом розподілення тепловиділення по висоті топки. *Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: 2019 рік* : матеріали XVII Міжн. наук.-прак. конф., 23-26 квіт. 2019р. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. С. 136.

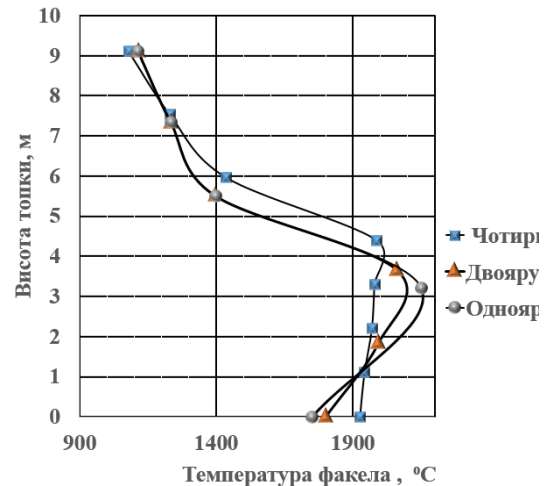


Рисунок 2 – Температура факела по висоті

Студент 5 курсу, гр. ТК-91мп Палійчук Р.Ф.
 Асист., к.т.н. Косячков О.В.

СИСТЕМА ТЕПЛОФІКАЦІЇ НА ОСНОВІ ТЕПЛООВОГО НАСОСА З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛА ОХОЛОДЖУЮЧОЇ ВОДИ

В наш час, коли економія паливно-енергетичних ресурсів і охорона навколишнього середовища набувають все більш пріоритетного значення, задача підвищення енергоефективності теплотехнологічних систем стає особливо актуальною. Одним із засобів економії органічного палива в таких системах є впровадження теплонасосних установок (ТНУ). На сучасному етапі розвитку науки теплові насоси є майже єдиним засобом для енергетичного використання скидної низькотемпературної теплоти [1-3].

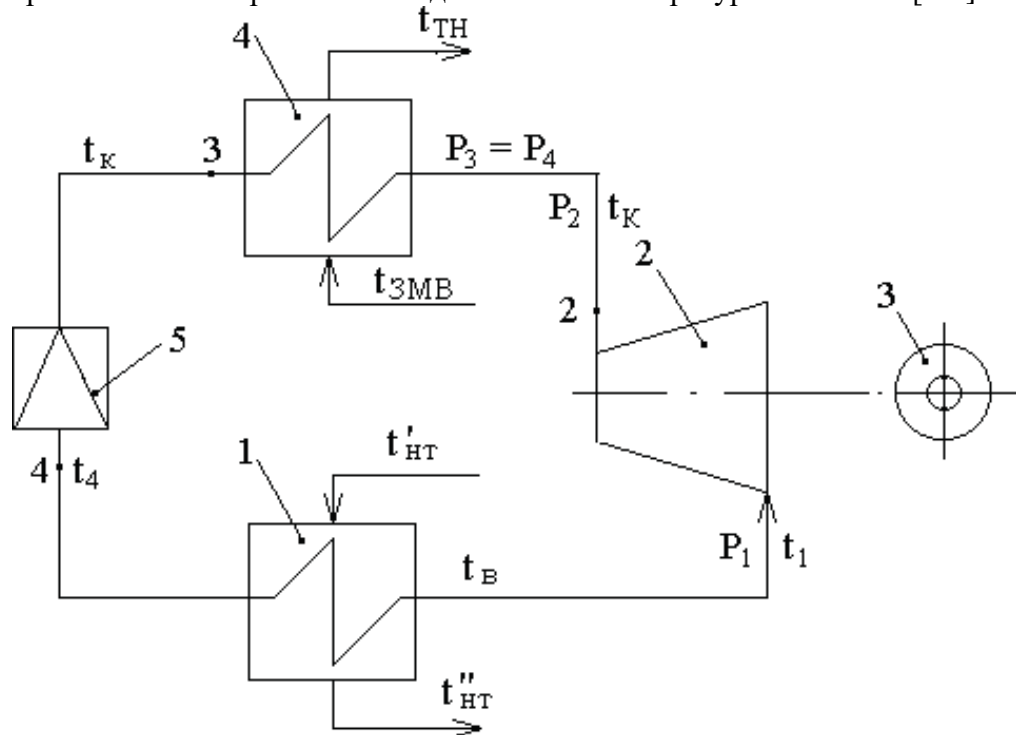


Рис. 1 Схема парокомпресійної ТНУ: 1 – випарник; 2 – компресор; 3 – електродвигун; 4 – конденсатор; 5 – дросель

В даній роботі проведено розрахунки економічної доцільності використання системи теплофікації на основі теплового насосу з використанням охолоджувальної води Трипільської ТЕС

Перелік посилань:

1. Швець М.Ю. Доцільність застосування теплових насосів для теплопостачання споживачів у схемах теплових електричних станцій. *Відновлювана енергетика*. № 2, 2010. С. 71-75.
2. Никифорович Є.І., Литвинюк Ю.М. Перспективи використання теплових насосів для утилізації низькопотенційного тепла на прикладі ТЕЦ-5 м. Києва. *Нова тема*. 2008. № 4. С. 13-16.
3. Ткаченко С.Й. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання: монографія / С.Й. Ткаченко, О.П.Остапенко. Вінниця: ВНТУ, 2009. 176с

Магістрант 6 курсу, гр. ТК-81м Рябцун Р.С.
Ст. викл., к.т.н. Воробйов М.В.

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СПАЛЮВАННЯ СУМІШІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ І ВОДНЮ В ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ

1. В європейських країнах, зокрема – у ФРН, передбачається використання водню як компонента, що додається до органічного палива, насамперед – природного газу, з метою забезпечення декарбонізації атмосфери та зменшення впливу на глобальні кліматичні зміни шляхом скорочення викидів CO_2 з продуктами згоряння. З огляду на це H_2 розглядається саме як «зелений водень», який одержують з використанням «екологічно чистої» (green, renewable) енергії (сонячної, вітряної).

2. Зазвичай як граничне значення концентрації H_2 в умовах підмішування до природного газу вказується значення 10% об'єму, однак окремими нормативами суміш обмежується іншими значеннями концентрацій H_2 :

3. для підземних газових сховищ в пористих породах – не визначена;
4. для сталевих ємностей в автомобілях на природному газі – 2% (об.);
5. для газових двигунів – обмеження концентрації H_2 – 2% (об.). Більші концентрації – до 10% можливі для умов окремо досліджених двигунів із спеціально створеними системами управління та з урахуванням метанового числа газової суміші;
6. для газових турбін у більшості сучасних конструкцій існує обмеження.

З огляду на майбутнє використання природного газу з вмістом водню в умовах варіювання долі $[\text{H}_2] \in \{C_{\min}; C_{\max}\}$ в межах концентрації водню $C_{\text{H}_2} = 1 \div 15(20)\%$ необхідна апробація відповідних сумішей в якості палива. Найбільш очікуваним для локальних систем газопостачання з трубопроводу природного газу з додаванням водню є використання сумішей в газових приладах комунально-побутового господарства.

Останнім часом значний інтерес виявлено до створення нового палива – hythane-метано - водневої суміші (МВС) із вмістом H_2 від 20 до 44 – 48%. Використовуються два принципово різні типи технологій одержання МВС:

- шляхом змішування природного газу з воднем, що виробляється електролізом води;
- технологія АКМ (адіабатична конверсія метану) що реалізується без сторонніх енергоносіїв; сировина при цьому – природний газ, енергоносіїв – продукти згоряння природного газу.

СЕКЦІЯ №5

Сучасні технології в тепловій енергетиці

HOUSEHOLD SOLID FUEL BOILER WITH VORTEX GENERATOR

Due to the increase in the price of natural gas, the problem of heating is getting more and more attention. It is economically feasible to use biofuels as an alternative to gas boilers.

Materials and methods. Research aimed at modernizing the structural and technological parameters of solid fuel pyrolysis boilers (SFPB) is an urgent problem.

Pyrolysis boilers in today's heating equipment market have long ceased to be new. However, many pyrolysis solid fuel boilers have one important drawback, which is the unstable combustion process resulting from poor mixing of the gas and air due to imperfect air supply. The authors have considered the designs and taken into account the basic design features of TPPK: gas-generating chamber, which is loaded into the fuel and where the pyrolysis process takes place, combustion chamber, where the pyrolysis gas combustion takes place, heat exchanger, gas burner.

In order to improve and stabilize the combustion process, it is proposed to make a number of upgrades to the SFPB design, namely to install vortices, which are made in the form of a trapezoidal recess in the side walls of the burner and a stabilizing partition that promotes vortex formation.

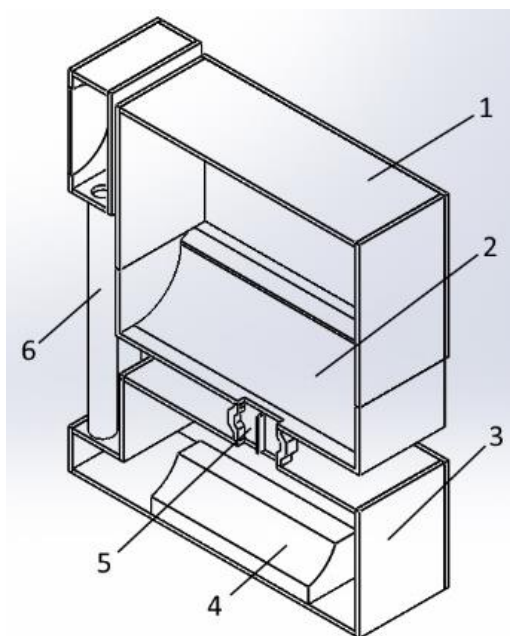


Figure 1 - Household solid propellant pyrolysis boiler with vortex generator and stabilization partition.

In Fig. 1 depicts a household solid propellant pyrolysis boiler 1 with a pyrolysis chamber 2, a combustion chamber of a gas generator 3, a flame arrester 4, a heat exchanger 6 and a burner 5 with a vortex generator and a stabilizing partition.

Conclusions. Due to the presence of trapezoidal recesses, vortex formation occurs with the appearance of stable turbulent vortex structures of gas and secondary air flows, providing a qualitative mixture with the appropriate level of concentration of fuel and oxidant.

Postgraduate Bednarska I.S.
Assoc.prof., cand.eng.sc. Rindyuk D.V.

COMPUTER SIMULATION OF THE BURNER OF A MODERNIZED HOUSEHOLD SOLID FUEL BOILER WITH A VORTEX GENERATOR

The use of experimental physical models in the design practice is economically unprofitable, and the classical empirical dependencies and experimental experience traditionally used for design calculations do not allow to take full account of all technological and structural features of equipment and to quantify the mutual influence of structural and technological parameters of gases in the process of combustion.

A simplified 3D model was created on the basis of the boiler Vissmann Vitolig 150. The basic design features of the burner with vortex builder and stabilization partition were taken into account (Fig. 1).

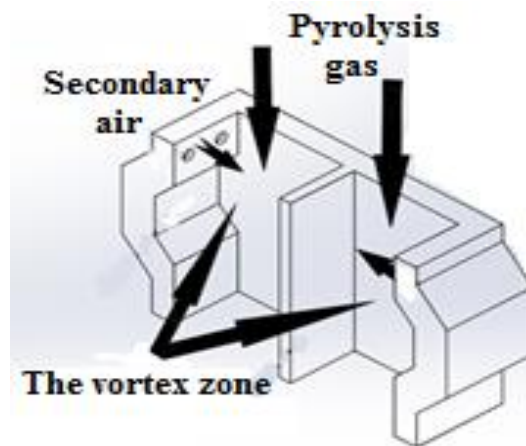


Figure 1 - Vortex builder and stabilization partition.

The simulation of the process of combustion of pyrolysis gas in the modernized burner of a household solid fuel pyrolysis boiler was carried out in the software program Flow Vision.

Figure 2 presents the results of simulations into the types of temperature flux distribution, where vortex zones are clearly traced.

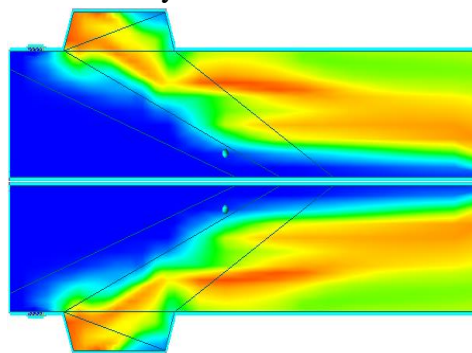


Figure 2 - Simulations into the types of temperature flux distribution.

Conclusions. The obtained simulation results show the emergence of stable turbulent vortex flow structures that provide qualitative blend formation and hence stable combustion.

Postgraduate Bednarska I.S.
Assoc.prof., cand.eng.sc. Rindyuk D.V.

ENVIRONMENTAL INDICATORS OF HOUSEHOLD SOLID FUEL BOILER WITH WITH VORTEX GENERATOR

The problem of ecological production of thermal energy is becoming more acute.

It is worth noting that pyrolysis solid fuel boilers are not only economical and easy to use and maintain, but also, environmentally friendly.

The essence of pyrolysis combustion is that under the influence of high temperature and in the absence of oxygen, the wood begins to decompose into a solid residue and the volatile part - pyrolysis gas.

Pyrolysis of wood takes place at a temperature in the range of 250–750 degrees. It should be borne in mind that this process is exothermic in other words, it is characterized by the release of heat, thereby increasing the drying and heating of the fuel in the boiler.

The pyrolysis combustion process is characterized by the formation of a small amount of ash and soot, which is why this equipment rarely requires cleaning and is so environmentally friendly.

In the proposed solid fuel pyrolysis boiler due to the presence of trapezoidal recesses, there is a vortex formation with the emergence of stable turbulent vortex structures of the flows of generator gas and secondary air, providing a qualitative mixture with the appropriate level of concentration of fuel and oxidant. This increases not only the torch stability, the intensity and efficiency of fuel combustion, the reliability of operation, the technical and economic performance of the equipment as a whole, but also the environmental performance.

The efficiency of the household pyrolysis boiler it is the ratio of useful heat used to produce hot water to the total heat of the boiler. To determine the efficiency used gas analyzer, which determined the chemical composition of the flue gases, and then calculated the efficiency of the boiler by the following formula:

$$\eta_k = 1 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6 \quad (1)$$

where

q_2 , is the heat loss, which is released with the products of combustion into the atmosphere;

q_3 - heat losses associated with incomplete chemical combustion;

q_4 - mechanical failure;

q_5 - losses due to external cooling;

q_6 - heat loss along with removal of slag from the boiler furnace.

It can be concluded that after modernization of the boiler, losses q_2 , q_3 , q_4 are reduced.

Therefore, the presence of a vaporizer in a solid propellant pyrolysis boiler provides a qualitative mixture with the appropriate concentration of fuel and oxidant, which in turn leads to a reduction of emissions of harmful substances after biomass burning and an increase in the efficiency of this boiler.

Studies have shown that carbon dioxide will be emitted 6-7% less than conventional pyrolysis boilers. It can be seen from formula (1) that the boiler efficiency is increased by 24%, and NO_x, CO and CO₂ emissions are reduced as q_2 decreases.

Аспірант Мороз О.С.
Доц., к.т.н. Бутовський Л.С.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАПАЛЮВАННЯ ФАКЕЛУ В МІКРОДИФУЗІЙНОМУ СТАБІЛІЗАТОРНОМУ ПАЛЬНИКОВОМУ ПРИСТРОЇ

Газоподібне паливо, зокрема, природний газ, широко використовується в багатьох галузях промисловості. Він йде на потреби хімічної промисловості, промислових підприємств, в об'єктах житлово-комунальної сфери, при виробництві сталі, чавуну, цементу тощо. Значна частина природного газу використовується шляхом спалювання в різних установках – енергетичних та промислових котлах, печах, сушилах, підігрівачах різного тиску.

Господарство України в значній мірі залежить від імпорту цього коштовного продукту. Так, в 2019 році в Україні було спожито близько 30 млн. м³ газу, а видобуто – 20 млн. м³. В найближчий час заміна газоподібному паливу в хімічній, важкій промисловості та енергетиці не передбачається. Тому свідомо є будівництво в Європейські держави Північного потоку-2 та Південного потоку. Таким чином, одним з актуальних завдань при використанні газу, зокрема, в якості палива, є розробка заходів щодо впровадження енергоефективних технологій спалювання в умовах, що відповідають найбільш оптимальній схемі організації топкового процесу.

Однією із схем організації процесу горіння при роботі із змінним коефіцієнтом надлишку повітря в широкому діапазоні режимів є спалювання газу в системі погано обтічних тіл – стабілізаторів з різними схемами подачі газу і повітря. За однією із схем газове паливо подається в зону рециркуляції за стабілізаторами, що оббігаються повітряним потоком [1]. Такі пальникові пристрої використовуються в камерах згоряння стаціонарних газотурбінних установок, когенераційно-утилізаційних установок, в металургійній промисловості тощо.

Метою досліджень було експериментальне дослідження особливостей пускових характеристик пальникових пристроїв стабілізаторного типу при струменевій подачі палива в зону рециркуляції з газоподаючих отворів, що розташовані в вихідній торцевій стінці стабілізатора вздовж її довжини.

В результаті проведення експериментальних досліджень щодо визначення характеристик запалювання факелу в стабілізаторних пальникових пристроях з подачею газу в зону рециркуляції встановлено, що коефіцієнт надлишку повітря при запаленні підвищується при збільшенні ширини стабілізатора і температури повітряного потоку, зменшенні швидкості повітря і коефіцієнту затінення пальника.

Запропонована узагальнююча залежність для розрахунку пускових характеристик пальників в залежності від зміни геометричних та режимних параметрів системи.

Перелік посилань:

1. Христин В.А., Любчик Г.Н. Газогорелочные устройства для сжигания газа при высоких и переменных избытках воздуха: Научно-технический обзор. Серия: Использование газа в народном хозяйстве. Выпуск 10. Москва: ВНИИЭгазпром, 1978.– 60 с.

Аспірант Мороз О.С.
Проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.

ГРАНИЧНІ РЕЖИМИ РОБОТИ ДИФУЗІЙНОГО СТАБІЛІЗАТОРНОГО ПАЛЬНИКА З РІЗНОЙМЕННОЮ ЗАКРУТКОЮ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ

Одним з перспективних напрямків підвищення ефективності енергетичних силових установок є використання газотурбінної і паросилової установки в комбінованому циклі. В свою чергу, підвищення ефективності самої газотурбінної установки пов'язане із збільшенням температури газів перед газовою турбіною. Так, при температурі газів в межах 1300–1500 °С і тиску до 2,0 МПа коефіцієнт корисної дії газотурбінного циклу складає 45 – 50 %.

Вимоги до підвищення температури газів, які пов'язані із зменшенням коефіцієнту надлишку повітря маже до $\alpha \leq 2,0$, а також необхідністю скорочення довжини факелу і зменшення викидів токсичних оксидів азоту здебільшого реалізуються шляхом використання камер згоряння із спалюванням гомогенної паливо-повітряної суміші. В той же час, газотурбінна установка на режимах запуску і роботи з частковим навантаженням повинна забезпечити надійну і ефективну роботу в широкому діапазоні режимів із зменшеною температурою газів і підвищеним $\alpha \gg 2,0$. Такі режими можливі тільки при використанні дифузійного методу спалювання палива. Тому відомі фірми, як правило, йдуть шляхом комбінації схем із кінетичним і дифузійним горінням палива. За таким підходом виконана конструкція високотемпературної (до 1500 °С) керамічної двозонної камери згоряння [1], в основу якої покладено принцип спалювання газу за стабілізаторами, які оббігаються різнойменно закрученим повітряним потоком. Закрутка організована постановкою з обох боків подовженого вздовж повітряного потоку порожнистого кільцевого стабілізатора шириною $B_{ст}=25$ мм, який одночасно є газовим колектором, реєстрових лопаток, різнойменно повернутих до осьової лінії камери згоряння під кутом від $\varphi=0^\circ$ (плоский стабілізатор) до $\varphi=\pm 71^\circ$. Газ на горіння подається через систему отворів в вихідній торцевій стінці стабілізатора. Випробована камера згоряння складається із двох однакових послідовно розташованих фронтів пристроїв, в які подається приблизно по 50% повітря, що надходить в камеру згоряння, і які мають незалежне підведення газового палива. Таким чином, в обох фронтів пристроях реалізується дифузійний спосіб спалювання газу з можливістю роботи при $\alpha \gg 2,0$. В той же час конструктивне виконання камери згоряння дає можливість організувати робочий процес таким чином, що в одному фронтів пристрої (умовно І зона) може утворюватися паливо-повітряна суміш, яка подається на горіння через спеціальне сопло в центрі камери. При роботі на часткових режимах при $\alpha \gg 2,0$ газ подається на дифузійне горіння у ІІ зону, а при зменшенні α підключається подача основної витрати палива у вигляді гомогенної суміші через І зону на кінетичне горіння.

Проведені випробування показали можливість роботи камери згоряння на режимах дифузійного горіння при частковому навантаженні з коефіцієнтом надлишку повітря $\alpha=10-50$ в діапазоні зміни режимних параметрів – швидкість повітряного потоку перед фронтів пристроєм $W_k=6-16$ м/с і температурі повітря $t_n=20-400$ °С.

Перелік посилань:

1. Тумановский А.Г. Проблемы и пути создания малотоксичных камер сгорания для перспективных стационарных ГТУ / А.Г. Тумановский, М.Н. Гутник, Л.В. Васильев и др. // Теплоэнергетика. – 2006. - № 7. – С. 22-29.

Аспірант 1 курсу, гр. ТС-91ф Пакош Д.З.
Доц., к.т.н. Сірий О.А.

ОЦІНКА СТУПЕНЮ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ ПРИ РОЗПИЛЕННІ ЗРІДЖЕНОГО ГАЗУ

Погіршення екологічної ситуації та необхідність зменшення залежності від нафти спонукає до активного використання альтернативних видів палива у тому числі у двигунах автомобілів. Зберігається чітка тенденція зростання рухомого складу автомобільного транспорту і попиту на альтернативні палива на фоні збільшення дефіциту рідких палив нафтового походження. Постійно стають більш жорсткими вимоги до екологічної безпеки транспортних засобів.

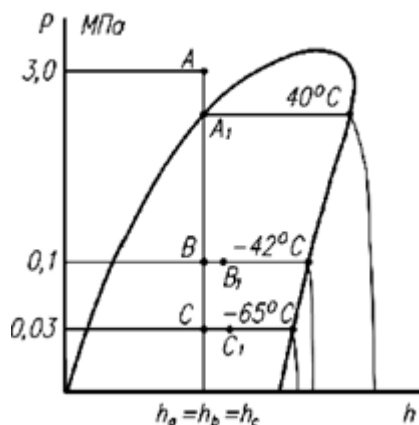
Очевидно, що вирішення проблеми можливе з впровадженням найсучасніших технологій, використанням палива кращої якості та екологічності. Альтернативні види палива, такі як зріджений нафтовий газ (ЗНГ), та зріджений або стиснений природний газ (ЗПГ або СПГ), у разі застосування в двигунах дозволяють в значній мірі покращити екологічність автомобільного транспорту та знизити витрату палива. Особливо слід підкреслити зниження викидів оксиду вуглецю та вуглеводнів.

Двигуни зі ЗНГ аналогічні бензиновим двигунам і забезпечують практично однакову продуктивність та високі характеристики згорання. При забезпеченні відповідного законодавчого регулювання ЗНГ як альтернативне паливо може замінити приблизно 10% поточного використання нафти і тим самим суттєво скоротити рівень викидів CO, CO₂ та твердих часток транспортом.

У разі переобладнання двигунів на використання зріджених газів слід детально дослідити основні робочі параметри з ціллю отримання їх оптимальних значень: співвідношення повітря-паливо, робочого тиску та коефіцієнта стиснення.

Крім того, існує необхідність вивчення процесу безпосереднього розпилення зрідженого нафтового газу, особливостей процесу сумішоутворення як в потоці повітря, так і в камері згорання. Для доведення ефективності пропану порівняно з традиційним паливом проведено оцінку охолодження повітря. Розглянуто два випадки впорскування палива: при повному навантаженні ($p_{пов} \approx 1$ бар) та на режимі холостого ходу ($p_{хх} \approx 0,3$ бар).

У випадку $p_{нов} = 0,1$ МПа температура суміші в кінці процесу знижується на 22 °С. У випадку $p_{нов} = 0,03$ МПа – на 25 °С.



Зниження температури заряду суттєво впливає на коефіцієнт наповнення. Так, охолодження суміші на 20 градусів дозволяє збільшити наповнення циліндру приблизно на 5% [1]. Таким чином, застосування системи живлення з впорскуванням зрідженого пропану дозволяє без конструктивних змін двигуна покращити його енергетичні показники.

Рисунок – Процес впорскування зрідженого пропану у p-h діаграмі

Перелік посилань:

1. Автомобільні двигуни / Під заг. ред. Ховаха М.С. – М.: Машинобудування. – 1967. – 496 с.

Аспірант Старченко О.С.
Доц., к.т.н. Бутовський Л.С.

ХАРАКТЕРИСТИКИ "БІДНОГО" ЗРИВУ ФАКЕЛУ В МІКРОДИFUЗІЙНОМУ СТАБІЛІЗАТОРНОМУ ПАЛЬНИКОВОМУ ПРИСТРОЇ

Однією з особливостей теплоенергетичної галузі України є певна залежність від імпорту паливно-енергетичних ресурсів, зокрема, газоподібного палива – природного газу. Значна частина цього палива йде на потреби промислових підприємств та об'єктів житлово-комунального господарства, виробництво чавуну, сталі, цементу, мінеральних добрив тощо. Істотний потенціал техніки, що використовує паливо, складають котельні установки, наприклад, котли типу НІСТУ-5, КВГМ, ПТВМ, печі, підігрівачі різного типу тощо, які відпрацювали свій ресурс. Найбільш реальним шляхом підвищення ефективності цих установок при мінімальних затратах є їхня модернізація. Досвід показує, що в тепловому балансі теплоенергетичних установок промислових і комунальних підприємств витрата тепла при зміні потужності, наприклад, під час розпалення котла, складає вагомий частку. У відповідності з цим існує задача забезпечення режиму роботи, при якому певним умовам експлуатації відповідає найбільш оптимальна схема організації топкового процесу – регульований оптимум.

Одним з напрямків вирішення вказаної проблеми є використання пальників з мікрофакельним (мікродифузійним) спалюванням газу в системі стабілізаторів, які обігаються повітряним потоком [1].

Організація процесу спалювання палива в системі мікро об'ємів і пов'язане з цим збільшення поверхні запалювання та горіння дозволяє підвищити інтенсивність горіння та теплову напругу топкового об'єму і скоротити довжину факелу.

Встановлено, що межі сталого горіння за составом суміші і швидкості повітряного потоку розширюються із збільшенням розміру стабілізатора і коефіцієнту опору, тому що при цьому збільшуються об'єм і витратні характеристики зони зворотних токів.

Таким чином, в роботі виконано аналіз досліджень щодо стійкості горіння мікродифузійного факелу газоподібного палива на межі «бідного» зриву за погано-обтічним тілом – плоским стабілізатором у випадку струменевої подачі палива в зону рециркуляції за ним. Встановлено вплив на характеристики «бідного» зриву режимних – W_n , T_n , ϵ і конструктивних – B_{cm} , d_z , K_f факторів. Встановлено, що при зменшенні ширини стабілізатора $B_{cm} \leq 30$ мм і збільшенні швидкості W_n і турбулентності повітряного потоку ϵ , що обтікає стабілізатор, характеристики стійкості факелу погіршуються, що може призвести до різкого зменшення температури газів в топковому просторі у разі зриву факелу і виникненню додаткових термічних напружень в елементах обладнання. Показано, що стійкість факелу на режимі «бідного» зриву можна підвищити шляхом зміни геометричних параметрів системи, зменшення швидкості повітряного потоку, а також встановленням на вихідні кромки стабілізатора закріпків різної довжини.

Перелік посилань:

1. Исследование выгорания топлива за уголковыми и плоскими стабилизаторами пламени / Л.С. Бутовский и др. *Теория и практика сжигания газа*. Вып. VI.– Ленинград: Недра, 1975. С. 324–338.

Магістрант 5 курсу, гр. ТС-91мн Волинець А.М.
Доц., к.т.н. Грановська О.О.

ОСОБЛИВОСТІ ГОРІННЯ ГАЗУ ЗА СТАБІЛІЗАТОРОМ ПРИ ПОДАЧІ ЗАНУРЕННЯМ В ПОВІТРЯНИЙ ПОТІК

Пальники стабілізаторного типу, засновані на багатоструменевому принципі сумішоутворення, дозволяють реалізувати необхідний ступінь змішування палива з повітрям в широкому діапазоні режимів, від стану, коли на зрізі стабілізатора газоповітряна суміш знаходиться в концентраційних межах запалення (кінетичне горіння), до стану, при якому лише локально забезпечується концентрація, необхідна для стійкого горіння (дифузійне горіння). У першій ситуації процес змішування палива і окислювача реалізується, в основному, в межах пальника, а в останній ситуації змішування відбувається за пальниковим пристроєм в топці.

При проміжному варіанті сумішоутворення, коли паливо не повністю переміщується з набігає повітрям, відповідно, реалізується проміжний режим, який має характеристики кінетичного і дифузійного горіння.

Були проведені дослідження по вивченню впливу конструктивних і режимних факторів на процес горіння газу в системі стабілізаторів з подачею газу на часткове попереднє сумішоутворення з повітрям. При цьому паливо подавалося системою струменів, що виходять з отворів на бічних стінках плоских колекторів-стабілізаторів. Як показали дослідження, подача газу на часткове попереднє сумішоутворення дає можливість зменшити довжину факела.

Ще більшого зменшення довжини факела можна досягти при переміщенні газороздаючих отворів від зривної кромки стабілізатора назустріч потоку. При цьому відбувається більш рівномірне перемішування палива з повітрям. В принципі газоподаючі отвори можна перемістити назустріч потоку на таку відстань, що на кромках стабілізатора буде гомогенна суміш з відповідними характеристиками горіння і стійкості факелу.

Випробування показали також, що при даній схемі газорозподілу робота пальникового пристрою можлива при коефіцієнтах надлишку повітря, які значно більше, ніж при спалюванні гомогенних сумішей, де їх значення не перевищує $\alpha_{ГОМ} \leq 2,0$. Це свідчить, в першу чергу, про те, що механізм горіння газу має властивості дифузійного горіння. Другим фактором, який свідчить про наявність дифузійних властивостей процесу горіння, є збільшення довжини факела з підвищенням витрати палива (зменшенням коефіцієнта надлишку повітря).

Слід зазначити, що в ближньому сліді за стабілізатором поблизу зони рециркуляції інтенсивність горіння підвищується зі зменшенням витрат палива, а на завершальній стадії процес горіння йде помітно менш інтенсивно, ніж у початковій ділянці факела.

На хвостовій ділянці факела інтенсивність процесу горіння визначається практично турбулентною дифузійною компонентів реакції, в основному, CO і H₂ при нестачі кисню O₂ і відсутності метану CH₄. Таким чином, можна зробити висновок, що при подачі палива впровадженням в повітряний потік при прийнятій в даних пальниках схемі газороздачі і конструктивних параметрах ($B_{ст}$; k_f ; d_f ; \bar{S} ; L_1) відбувається горіння частково перемішаних сумішей, що мають характеристики як кінетичного, так і дифузійного процесів.

Магістрант 6 курсу, гр. ТС-81мн Дідик М.Ю.
Доц., к.т.н. Бутовський Л.С.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СХЕМИ СУМІШОУТВОРЕННЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРІННЯ ГАЗОПОДІБНОГО ПАЛИВА ЗА СТАБІЛІЗАТОРОМ

В роботі розглянуто характеристики основних механізмів спалювання палива, а саме, дифузійного, кінетичного та проміжного механізмів горіння. При цьому особлива увага приділяється питанням, що стосуються інтенсифікації процесів спалювання палива шляхом підвищення ступеня кінетичності горіння. Останнє, як відомо, характеризується зменшенням довжини факелу, що може бути реалізовано за рахунок рівня гомогенізації суміші палива і повітря.

На підставі аналізу наведених в літературі даних [1, 2] можна відмітити такі методи та способи інтенсифікації процесів горіння палива:

попередній підігрів повітря, яке йде на горіння, а також газоподібного палива у разі спалювання низькокалорійних газів; закручування повітряного потоку; струменева подача газу в потік повітря під певним кутом. Реалізація відповідних швидкостей газу і повітря з вибором розміру і місця розташування отворів з метою одержання бажаної інтенсивності сумішоутворення і горіння; організація запалювання по розвиненому периметру для збільшення поверхні запалювання та горіння (мікрофакельне, мікродифузійне спалювання з використанням поганообтічних тіл – стабілізаторів); подача додаткового повітря у корінь дифузійного факелу; підвищення коефіцієнту затінення пальника; використання турбулізуючих решіток перед пальниками ; підвищення турбулентності потоку в зоні горіння з метою інтенсифікації процесу вигорання за рахунок використання додаткових турбулізуючих елементів (полум'яперекидні перемички, турбулізатори різної форми, подача додаткового повітря в зону рециркуляції; зменшення розмірів зон рециркуляції продуктів реакції в топковій камері до розмірів, які є необхідними для запалювання факелу.

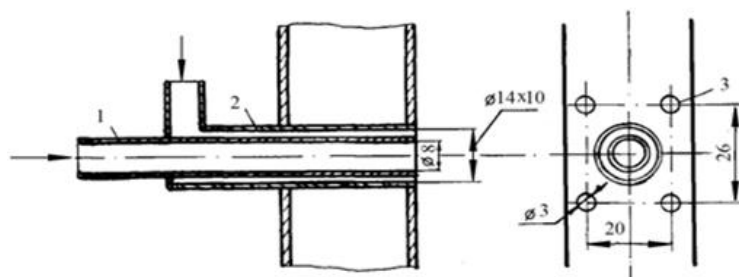


Рисунок – Схема стабілізатору

Деякі методи були реалізовані при випробуваннях стабілізатору, схема якого наведена на рисунку. В процесі досліджень було встановлено вплив геометричних факторів на характер горіння палива. Зокрема встановлено, що довжина факелу зменшується при подачі повітря на попереднє підмішування з газом, закрутці повітряного і газового потоку, подачі додаткового повітря у корінь факелу та ін.

Перелік посилань:

1. Хзмалян Д.М., Коган Я.А. Теория горения и топочные устройства. М.: Энергия, 1976. – 488 с.
2. Спейсер В.А., Горбаненко А.Д. Повышение эффективности использования газа и мазута в энергетических установках. М.: Энергия, – 1974.– 208с.

Магістрант 6 курсу, гр. ТС-81мн Каравасєв М.Д.
Доц., к.т.н. Риндюк Д.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЗОДИНАМІКИ РЕГУЛЮЮЧОГО КЛАПАНА ТУРБИНИ К-200-130

Представлено дослідження спрямовані на з'ясування особливостей роботи паротурбінного обладнання.

Данні дослідження є черговим необхідним кроком для створення комплексної системи оцінки індивідуального ресурсу та продовження терміну експлуатації енергетичного обладнання блоків ТЕС та АЕС, що є досить актуальною тематикою. Проведено роботу по розгляду газодинаміки регулюючого клапана турбіни К-200-130 [1].

Опираючись на математичну модель газодинаміки руху пари, проведено ряд числових експериментів на базі розрахункових схем, що враховують реальні конструктивні та режимні особливості роботи відповідних вузів енергоблоку. Числові експерименти реалізовано в програмному комплексі Ansys R17.2 з використанням розрахункового модуля Fluent.

Розрахункова сітка складається з 1441159 елементів. Для врахування тонкого пограничного шару використано модель $k-\epsilon$.

Як початкові умови було задано масову витрату пари та температуру на вході в клапан згідно реальних даних роботи енергоблоку №5 Курахівської ТЕС ДТЕК «Східенерго».

На рис. показано результати числових експериментів, а саме розподіли тисків та швидкостей по перерізу регулюючого клапана.

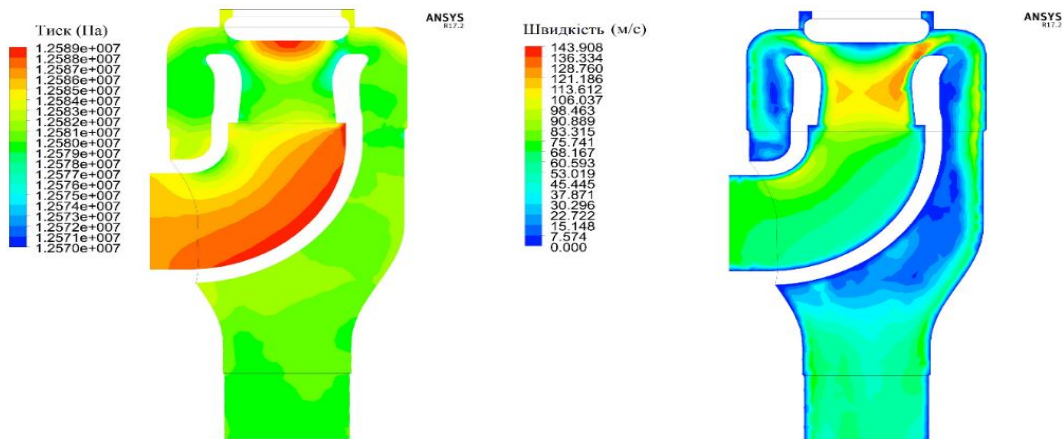


Рисунок – Розподіли тисків та швидкостей по перерізу регулюючого клапана

Отримані результати демонструють особливості поведінки теплоносія при протіканні через регулюючий клапан турбіни К-200-130 і є основою для подальших розрахунків теплового та напружено-деформованого стану високотемпературних товстостінних елементів (корпусу) розглянутого вузла, з наступною можливістю прогнозування ресурсних показників.

Перелік посилань:

1. Оцінка індивідуального ресурсу литих корпусів автоматичних захисних клапанів енергоблоків потужністю 200 МВт / О.Ю. Черноусенко, Д.В. Риндюк, В.А. Пешко, В.Ю. Горяженко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування, № 13(1289) 2018, С. 26–36.

Магістрант 6 курсу, гр. ТС-81мн Кобилянська О.О.
Доц., к.т.н. Сірий О.А.

РОЗРОБКА CFD-МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ ПРИ СПАЛЮВАННІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Розглянуті результати відомих досліджень вказують на те, що на процес виникнення оксидів азоту (NO_x) значний вплив здійснюють коефіцієнт надлишку повітря в топці (α), продуктивність (D_0) та навантаження ($N=(D/D_0) \cdot 100\%$) котла [1]. Утворення монооксиду вуглецю залежить в основному від якості процесів сумішоутворення та режиму роботи обладнання і визначає рівень енергетичних втрат з хімічним недопалом палива.

В свою чергу, пальники СНТ, що реалізують струменево-нішеву технологію спалювання природного газу [2], за рахунок саморегульованої структури течії пального та окиснювача надійно працюють при гранично малих коефіцієнтах надлишку повітря, що забезпечує підвищене значення середньої температури продуктів згоряння в топковому просторі. Науково-виробниче об'єднання «Струменево-нішева технологія» успішно впроваджує ПП СНТ на котлах різного типу і продуктивності. З ціллю спрощення процедури енергоекологічного аудиту газоспоживаючого обладнання при проведенні його модернізації за рахунок вдосконалення технології спалювання перспективним розглядається застосування методів математичного моделювання.

На основі досліджених авторами засобів зниження NO_x виконано розробку адекватної CFD-моделі прогнозування шкідливих викидів у навколишнє середовище.

За допомогою спеціалізованих програмних продуктів SolidWorks та Ansys Fluent було проведено комп'ютерне моделювання процесу згоряння газу в СНС для декількох режимів горіння. На рис. 1 показано розподіл температур потоку в поздовжньому перерізі моделі.

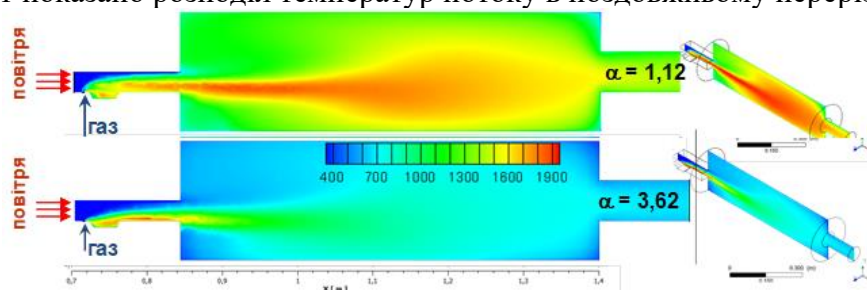


Рисунок 1 – Розподіл температур потоку в поздовжньому перерізі моделі для $\alpha=1,12$ та $\alpha=3,62$

Для верифікації розрахункових результатів CFD-моделювання з експериментальними даними їх необхідно осереднити по площі вихідного перерізу. Процедура осереднення по площі теплофізичних параметрів в ANSYS-Fluent організована наступним чином:

$$\overline{[NO_x]_{ppm}} = \frac{1}{A} \int [NO_x]_{ppm} dA, \quad (1)$$

Доведено, що дана математична модель утворення шкідливих NO_x забезпечує достатню для подальших промислових досліджень якість прогнозування впливу геометричних та режимних параметрів системи на рівень викидів, при узгодженні результатів експерименту в межах похибки не більше 10%.

Перелік посилань:

1. Любчик Г.Н. Экологический аудит газогорелочных устройств на основе применения метода базовых характеристик эмиссии NO_x и CO / Г.Н. Любчик, Р.М. Говдяк, Г.А. Микулин, Б.И. Шелковский, А.А. Зарицкий // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2007. – №4. – с. 64–70.

2. Сірий О.А. Вплив параметрів струменево-нішевої системи на робочий процес пальникових пристроїв. дис. канд. техн. наук : 05.14.14 / НТУУ „КПІ”. Київ, 2016. 199 с.

Магістрант 5 курсу, гр. ТС-92мп Коцюба О.А.
Доц., к.т.н. Грановська О.О.

ЗАСОБИ СКОРОЧЕННЯ ВОДОСПОЖИВАННЯ НА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ

Теплова енергетика – один з найбільших промислових споживачів води. Річне споживання води з природних об'єктів складає десятки кубічних кілометрів, в той же час близько 90% витрати води, що була використана, повертається у вигляді стічних вод різного ступеня забруднення. Повторне використання скидних вод після необхідного очищення дає б можливість значно знизити негативний вплив на природу завдяки скороченню обсягів природної води, що забирається на станцію, і зменшенню кількості забруднюючих речовин, що видаляються із стічними водами.

Таким чином, скорочення водоспоживання завдяки повторному використанню води є важливою економічною і екологічною задачею [1, 2].

На теплових електростанціях близько 95% води йде на охолодження конденсатора турбін і допоміжного обладнання. Одним з методів скорочення водоспоживання може бути використання охолодження з **повітряно-конденсаційними градирнями**. Але це призводить до погіршення теплотехнічних, економічних та екологічних характеристик електростанції. Тому такі градирні в крупній теплоенергетиці не використовуються. Перспективним способом підвищення екологічної ефективності крупних ТЕС в зимовий період є переведення прямої системи охолодження на **комбінований цикл охолодження**, при якому частина скидної води з відводного каналу поступає на всмокт циркуляційного насосу. В процесі обробки додаткової води котлів і підживлюючої води тепломережі вода підігривається в підігривачі сирої води паром одного з відборів турбіни. За методом **використання води прямої системи охолодження для приготування додаткової води** відбір частки води, що підігривалась в конденсаторі, на водопідігрівну установку дає можливість зменшити кількість води, що забирається з природного джерела, і корисно використати скидне тепло. На деяких станціях продувочна **вода системи зворотнього охолодження повторно направляється в водопідігрівну установку** для отримання пом'якшеної води підживлення тепломережі. Впровадження на ТЕС установок зворотньо осмотичного знесолення для підготовки додаткової води котлів відкриває можливість комбінування роботи системи зворотнього охолодження і водо підігрівної установки. Результати оцінки статистичних даних щодо водовикористання на ТЕС показують, що найбільша кількість порушень щодо скидання забруднюючих речовин у стічних водах пов'язане з нафтопродуктами, міддю та залізом. Таким чином, актуальною задачею є **очистка та повторне використання стічних вод, які вміщують нафтопродукти** для підготовки додаткової води і підживлення системи зворотнього охолодження.

Перелік посилань:

1. Иванов Е.Н. Сокращение водопотребления и повторное использование сточных вод – перспективная задача теплоэнергетики / Е.Н. Иванов, Е.В. Макарова, Н.Н. Крючкова и др. // Теплоэнергетика, 2011. - № 6. – С. 47-52.
2. Бродов Ю.М., Савельев Р.З. Конденсационные установки паровых турбин. М.: Энергоатомиздат, 1994.

Магістрант 5 курсу, гр. ТС-91мн Кривенцов О.О.
Доц., к.т.н. Сірий О.А.

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОМІШКИ ВОДНЮ ПРИ СПАЛЮВАННІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

На сьогоднішній день розроблені різні концепції використання водню при спалюванні органічних сумішей, але особлива увага приділяється саме до комбінації з природним газом. Для покращення екологічних показників транспортних засобів була створена програма по конвертації діючих транспортних засобів з двигунів внутрішнього спалювання на стиснений природний газ, але чистий метан має ряд певних недоліків, які частково дозволяє уникнути додавання у суміш водню різної пропорції [1].

Використання сумішного палива дозволяє позитивно вплинути на робочий процес, збільшити економічність та забезпечити менший рівень шкідливих викидів. Головна перспектива водневого палива – це його невичерпність та незначний вплив на екологію. Чистий водень має нижчу теплоту згорання 120 МДж/кг, що більше ніж у два рази, порівняно з природним газом (52,8 МДж/кг). Головний недолік – вибухонебезпечність та складність видобування.

Коефіцієнт дифузії водню майже на порядок вище вуглеводневих палив, а це забезпечує швидке і якісне сумішоутворення, навіть якщо водень подається в кінці такту стиснення у циліндрі двигунів внутрішнього згорання. Суміш природного газу з повітрям має більшу температуру (540...650 °С) і енергію займання (23 МДж/кг). В комплексі з низькою теплопровідністю і низькою нормальною швидкістю поширення полум'я виникає проблема з займанням газоповітряної суміші.

Збільшити теплопровідність і зменшити енергію займання суміші природного газу з повітрям можна за рахунок невеликих добавок водню до цієї суміші, що дозволить використовувати звичайну систему запалювання в газовому двигуні, яка працює на збіднених сумішах [2].

При проведенні теоретичних розрахунків процесу горіння природного газу з вмістом метану 96%, де в якості окисника обрано повітря, було встановлено, що у продуктах реакції зменшується кількість діоксиду вуглецю CO_2 майже на 40% при співрозмірному вмісті водню у суміші. Загальне зниження продуктів спалювання становить у середньому 30%. Але збільшення вмісту водню зменшує нижчу теплота згорання. Так при 40,01%, Q_u^p становить 26,38 МДж/кг, що менше на 27% у порівнянні з природним газом без додавання H_2 .

Таким чином водень сприяє зменшенню шкідливих викидів при його застосуванні у сумішах з метаном, як при використанні у ДВС, так і при промисловому спалюванні. Враховуючи зниження теплотворної здатності суміші, необхідно знайти правильний баланс компонентів у паливі та забезпечити найбільш прийнятні з точки зору екологічності та теплової ефективності умови спалювання.

Перелік посилань:

1. Ф.И. Абрамчук, профессор, д.т.н., А.Н. Кабанов, ассистент, к.т.н., Г.В. Майстренко, аспирант, ХНАДУ Влияние добавки водовода к природному газу на свойства смесового топлива, 26 мая 2009 г. – с. 1-3
2. Р. В. Радченко, А. С. Мокрушин, В. В. Тюльпа Водород в энергетике // Учебное пособие, 2014 г. – с. 9-10

Магістрант 5 курсу, гр. ТС-92мп Литвин Д.В.
Доц., к.т.н. Бутовський Л.С.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУРБИНИ Т-250/300-240 ПРИ РОБОТІ БЕЗ РОБОЧИХ ЛОПАТОК ОСТАННІХ СТУПЕНІВ ЦИЛІНДРУ НИЗЬКОГО ТИСКУ

Теплофікаційні турбіни типу Т-250/300-240 забезпечують тепловою та електричною енергією значну частину київського регіону. У зв'язку з цим актуальною є проблема використання цих турбін з максимальною ефективністю та надійністю протягом усього терміну експлуатації.

Аналіз робочих режимів теплофікаційних турбін показує, що вони здебільшого працюють з повним тепловим навантаженням до 7–8 місяців у рік і навіть більше. Як відомо, при роботі у теплофікаційному режимі витрата пари у циліндр низького тиску скорочується до 10% від загальної витрати пари [1]. Тому виникає питання щодо ефективного використання енергії пари, яка проходить через ЦНТ в теплофікаційному режимі роботи.

Практика експлуатації теплофікаційних турбін також показала, що вхідні кромки робочих лопаток останніх ступенів низького тиску мають значні ерозійні пошкодження, що ставить під загрозу надійність роботи цих лопаток, особливо у турбіни Т-250/300-240, де висота лопаток останнього ступеню складає 940 мм. Таким чином виникає друга проблема підвищення також надійності роботи турбіни Т-250/300-240.

Як показали дослідження [2], на маловитратних режимах потужність ЦНТ значно зменшується і може стати від'ємною. При роботі на режимах з об'ємною витратою пари $G \cdot v < 0,2$ останній ступінь працює в умовах розвиненого відриву потоку пари від кореня лопатки. В таких умовах крім додаткового динамічного навантаження на робочу лопатку виникають додаткові вентиляційні втрати і навіть підсмоктування пари із вихлопного патрубку ЦНТ.

Проведені розрахунки показали [3], що у разі зняття робочих лопаток останнього ступеню тепла потужність турбіни Т-250/300-240 в теплофікаційному режимі з повним тепловим навантаженням може збільшитись на 13 МВт при одночасному збільшенні електричної потужності на 1,8 МВт. Економічно доцільно експлуатувати турбіну без останнього ступеня при роботі в теплофікаційному режимі не менше 8 місяців у рік. Одним з можливих методів підвищення надійності роботи теплофікаційної турбіни може бути використання у останньому ступеню лопаток висотою менше 940 мм, як це було апробовано у турбін типу Т-185/220-130.

Перелік посилань:

1. Паровые и газовые турбины для электростанций / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний; под ред. А.Г. Костюка. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 556 с.
2. Капинос В.М., Гаркуша А.В. Переменный режим работы паровых турбин. Харьков: «Выща школа, 1989. – 174 с.
3. Симою Л.Л., Баринберг Г.Д., Гупоров В.Ф. Об эффективности работы турбины Т-250/300-240 без рабочих лопаток последних ступеней ЦНД / Электрические станции, 2005. - № 11. – С. 47-52.

Магістрант 6 курсу, гр. ТВ-92мп Мазур В.П.
Доц., к.т.н. Бутовський Л.С.

СПАЛЮВАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ І СКИДНОГО ВУГІЛЛЯ В МОДУЛЬНОМУ ЦИЛІНДРИЧНОМУ ПАЛЬНИКУ

Енергетика має важливе значення для всього народного господарства України. В Україні, як і в інших розвинених країнах світу, з енергетикою безпосередньо пов'язана третина валового внутрішнього продукту країни. На ній базується всі без винятку галузі економіки та соціальна сфера. Узагальнене порівняння сучасної енергетики України з іншими країнами світу показує, що паливо-енергетичний комплекс є достатньо потужним та знаходиться на рівні розвинених країн. Запаси вугілля в Україні складають більше 117,4 млрд.т, що достатньо для забезпечення ТЕС твердим паливом на 250 років.

Таким чином, головним напрямком розвитку теплової енергетики України є всебічне використання вугільного палива зі зниженням шкідливих викидів в навколишнє середовище.

Загальною проблемою національного рівня є необхідність значного підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів та обсягів енергозбереження. Ця проблема існує у всіх країнах світу і є економічною та науково-технічною.

В роботі розглянуто нові технічні рішення для подовження терміну служби діючих котлоагрегатів та поліпшення їхніх економічних та екологічних показників. Показана проблема використання в енергетиці високозольного і низькорекційного палива. Одним з найбільш поширених методів підвищення ефективності використання низькосортних палив, який не потребує кардинальної перебудови топки котла, є сумісне спалювання такого палива з природним газом. Встановлені недосконалості існуючих методів сумісного спалювання – відсутність рівномірного перемішування газо-повітряних струменів, незадовільна ежекція газових струменів при змінних навантаженнях тощо, що призводить до зменшення ефективності та збільшення витрати газу.

На підставі досвіду кафедри ТЕУ Т і АЕС в галузі високоефективного спалювання газу розглянута і запропонована нова схема подачі газу для сумісного спалювання за допомогою системи циліндричних стабілізаторів з виїмкою і подачею газу поперечними струменями в повітряний потік [1, 2]. Розроблений стенд і проведені відповідні випробування модуля пальника на газі в різних режимних умовах. Проведено випробування модульного пальника з подачею низькосортного палива типу АШ. Встановлена надійна робота пальникового пристрою в широкому діапазоні витрат газу та вугільного пилу.

Перелік посилань:

1. Фиалко Н.М. Интенсификация процессов переноса в горелочном устройстве с цилиндрическим стабилизатором пламени / Н.М. Фиалко, Ю.В. Шеренковский, Н.В. Майсон и др. // Науковий вісник НЛТУ України. – 2014. – Вип. 24.5. – С. 136 – 142.
2. Фиалко Н.М. Математическое моделирование процессов течения и смесеобразования в цилиндрическом стабилизаторном горелочном устройстве / Н.М. Фиалко, Ю.В. Шеренковский, Л.С. Бутовский // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т.3, №8 (69). – С. 40–44.

Магістрант 6 курсу, гр. ТС-81мн Марисюк Б.О.
Проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ВАЛОПРОВОДУ ТУРБОАГРЕГАТУ К-200-130 ПРИ КОРОТКОМУ ЗАМИКАННІ

Через виникнення коротких замикань (КЗ) та включення електрогенератора в мережу з грубою синхронізацією (асинхронне включення) виникають крутильні коливання валопроводу з високою амплітудою та реактивні крутні моменти, що в декілька разів перевищують номінальні значення [1].

Підсумовуючи усе вище сказане, можна зробити висновок, що проблема дослідження явища крутильних коливань є актуальною на даний момент, тому метою даної роботи є дослідження напружено-деформованого стану валопроводу турбоагрегату К-200-130 при виникненні КЗ.

Для моделювання використовувався програмний комплекс ANSYS. Розглянуто варіант появи КЗ при стаціонарному режимі роботи парової турбіни. Загальний крутний момент на роторі ЦВТ становить 0,196 МНм, ЦСТ – 0,291 МНм, ЦНТ – 0,163 МНм. Внаслідок появи КЗ реактивний гальмівний крутний момент на генераторі може перевищувати номінальний в 3–12 раз. При даному моделюванні обрано 3-х кратне перевищення сумарного номінального значення.

Найбільш небезпечною виявилась ділянка між ротором низького тиску (РНТ) та ротором генератора (РГ) і ротором середнього (РСТ) та низького тиску (РНТ). На рис. 1, 2 показано зміну напружень в часі в даних ділянках.

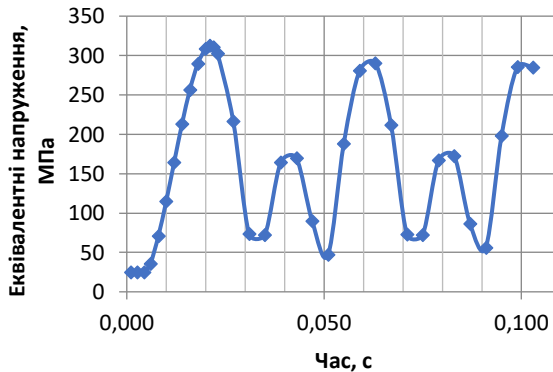


Рисунок 1 – Зміна напружень на ділянці між РНТ – РГ

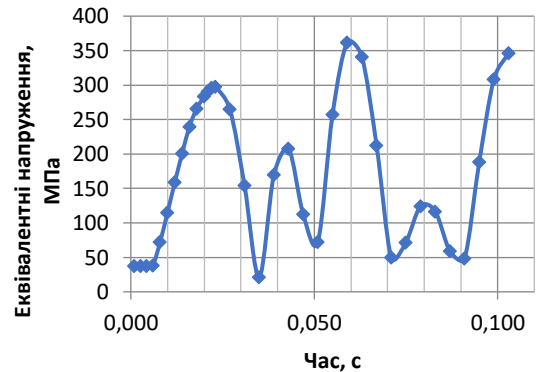


Рисунок 2 – Зміна напружень на ділянці між РСТ - РНТ

З отриманих результатів стає очевидно, що реактивний сплеск крутного моменту, що виникає на генераторі при КЗ спричиняє значні крутильні коливання валопроводу з високою асиметрією циклу. Максимальні напруження в обох ділянках перевищують межу витривалості роторної сталі 25Х1М1ФА при температурі 500 °С. Це означає, що навіть при сплеску реактивного крутного моменту з відносно невеликою амплітудою, можуть виникнути та розвиватися втомні пошкодження в матеріалі валопроводу.

Перелік посилань:

1. Загретдинов І.Ш. Руйнування турбоагрегату 300 МВт Каширської ГРЕС: причини, наслідки та висновки / Загретдинов І.Ш., Костюк А.Г., Трухнів А.Д., Должанський П.Р. // Теплоенергетика. – 2004. – №5. – С. 5–15

ФЛУКТУАЦІЙНА ТЕЧІЯ ПАРИ В КІНЦЕВИХ УЩІЛЬНЕННЯХ СОТОВОГО ТИПУ ПАРОВИХ ТУРБІН

Сучасна електроенергетична галузь забезпечує електроенергією усі сфери споживання (промисловість, комунальне господарство населених пунктів, сільське господарство, електрифікований транспорт, тощо). Теплові електричні станції відіграють важливу роль у генерації електричної енергії в Об'єднаній енергетичній системі України. Підтримання ефективності їхньої роботи на високому рівні є стратегічно-важливою задачею.

Актуальною задачею є застосування передових технологій при проведенні модернізації та реконструкції паротурбінних установок (ПТУ) для підвищення їх показників. Одним з важливих напрямків робіт з підвищення надійності і економічності паротурбінного обладнання є удосконалення кінцевих і проміжних ущільнень.

Відомою проблемою лабіринтових ущільнень є флукуаційний характер течії ущільнюючої пари при низьких витратах свіжої пари. Дана обставина призводить до сильного зменшення відносного внутрішнього ККД турбіни на змінних режимах роботи. В умовах нестачі маневрених потужностей в енергетичному балансі України та збільшення долі залучення базових енергоблоків до роботи у змінних режимах, ця задача набуває ще більш вагомого сенсу [1].

Одним з напрямків робіт в області покращення тепломеханічних і експлуатаційних показників діючого паротурбінного обладнання є модернізація проточних частин з застосуванням нових конструкцій ущільнень. Сотові ущільнення – це вдосконалений тип ущільнень з впровадженням сотової поверхні. Внаслідок здатності конструкції сотового ущільнення інтенсивно відводити тепло, не відбувається місцевого розігріву ротора при взаємному торканні. Це дозволяє зменшити значення радіальних зазорів в ущільненнях без зниження надійності роботи турбоагрегату [2].

Однак на змінних режимах роботи, за зменшеної витрати пари, можливе погіршення економічних характеристик сотових ущільнень, як це характерно і для лабіринтових. Пропонується проведення математичного дослідження характеру течії пари в ущільненнях сотового типу для типового діапазону зміни витрат свіжої пари турбоустановки Т-250/300-240. Це дозволить провести подальші дослідження з метою надання рекомендації щодо вибору геометричних характеристик сотових блоків, для забезпечення їх найбільш високого внутрішнього ККД в широкому діапазоні витрати пари.

Методи дослідження включають в себе чисельне дослідження гідродинамічних процесів течії пари в ємнісних камерах ущільнень парових турбін з використанням сучасних методів математичного моделювання, які базуються на фундаментальних положеннях гідро- газодинаміки, з використанням чисельних методів вирішення задач математичної фізики та розрахункових методів інженерного аналізу.

Перелік посилань:

1. Г. А. Бондаренко. Исследование течения в лабиринтном уплотнении / Г.А. Бондаренко., В. Н. Бага // Вісник НТУ «ХП». – 2015. – №15(1124). – С. 23-31.
2. Черноусенко, О. Ю. Вплив роботи у маневрених режимах енергоблоків ТЕС на техніко-економічні характеристики [Текст] / О.Ю. Черноусенко, Л.С. Бутовський, О.О. Грановська, В.А. Пешко, О.С. Мороз // Проблеми загальної енергетики. – Київ, Ін-т загальної енергетики НАНУ, 2016. – № 2 (45).

Магістрант 6 курсу, гр. ТС-81мн Шевченко В.А.
Доц., к.т.н. Грановська О.О.

ДОСЛІДЖЕННЯ МАСООБМІННИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМБІНОВАНОГО НІШЕВО-СТАБІЛІЗАТОРНОГО ПАЛЬНИКОВОГО ПРИСТРОЮ

Один з шляхів істотного підвищення ефективності робочого процесу горіння палива у пальниках стабілізаторного типу полягає у застосуванні різних засобів і способів інтенсифікації тепло масообміну та вигорання палива, до яких, зокрема, відносять такі: попередній підігрів повітря, що йде на горіння, закручування повітряного потоку, організація розвиненої поверхні запалювання та горіння, збільшення коефіцієнту затінення пальника, використання додаткових турбулізаційних елементів тощо.

Одним з конструктивних підходів, які реалізують комбінацію факторів впливу на процесі масообміну і горіння, може бути система стабілізатор-нішева порожнина.

Враховуючи важливий вплив аеродинамічних параметрів, зокрема інтенсивності процесу масообміну, можливість підвищити турбулентні характеристики та збільшення периметру запалювання були проведені випробування комбінованого пальникового пристрою, який складається з кутових стабілізаторів (2 шт.) та ніші. Ніша в такій системі призначена також для забезпечення перекидання полум'я між стабілізаторами за рахунок того, що зона рециркуляції ніші взаємодіє з зонами рециркуляції за стабілізаторами.

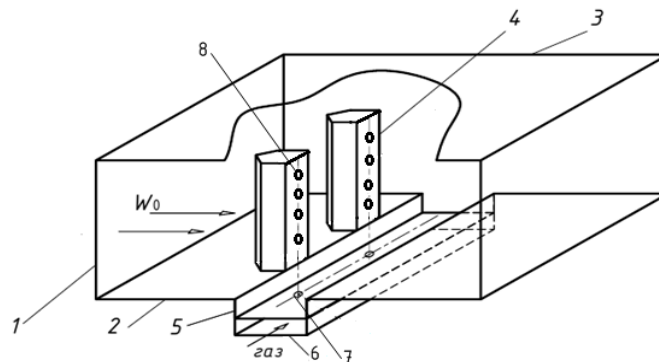


Рисунок – Робоча ділянка комбінованого нішево-стабілізаторного пальникового пристрою

Випробування виконувались на робочій ділянці, схема якої показана на рисунку. Робоча ділянка включає корпус пальника 1 з нижньою 2 і верхньою 3 стінками. В корпусі розміщені стабілізатори 4 з отворами 8 для подачі газу змінного складу. В нижній частині стабілізаторів розміщується нішеве поглиблення 5, в якому передбачено отвори 7 для подачі високо реакційного палива в зону рециркуляції за стабілізаторами. В свою чергу, газ до отворів 7 подається із нішевого колектора 6.

Аеродинамічні випробування показали, що взаємодія структур течії в ніші і прикореневій зоні стабілізатора в сліді за стабілізатором по осі ($z=0$) у разі наявності стабілізатора призводить до збільшення градієнту швидкості в зоні, яка розглядається. По-перше, зона зворотних токів значно зменшується по висоті в передній частині ніші, по-друге, в задній частині ніші, навпаки, з'являється значний зворотній потік, який займає майже всю глибину ніші, а по-третє, максимальна швидкість зворотного току майже по всій довжині значно більша $W_{33T}^{\max} \approx 0,8W_{ш}$ у порівнянні із швидкістю при відсутності стабілізатора $W_{33T}^{\max} \approx 0,3W_{ш}$. При порівнянні даних можна заключити, що об'єм зони зворотних токів у звичайній ніші в 1,5 раз більший, ніж в системі стабілізатор-ніша, але в останньому випадку вище рівень швидкостей і градієнти швидкостей, тоді як в ніші мають місце низькі і відносно мало змінні швидкості ($W_{33T} \approx 0,13W_{ш}$).

Студент 4 курсу, гр. ТС-61-1 Азаров М.В.
Доц., к.т.н. Нікуленкова Т.В.

ТЕХНІЧНЕ ПЕРЕОСНАЩЕННЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ, КЕРУВАННЯ ТА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЕНЕРГОБЛОКІВ ТЕЦ

Теплопостачання є невід'ємною частиною людського життя. З початку нашої історії люди намагались зберегти тепло в своїх домівках. Сучасна енергетика потерпає від недостачі фінансування та можливостей модернізації.

Одним із способів запобігти втратам в теплоенергетиці є заміна старого обладнання і систем на нові. Технічне переоснащення є запорукою довготривалої роботи не тільки електростанцій, а і інших об'єктів. При невиконанні переоснащення з'являється ризик економічних втрат, що в сучасному світі являється основною проблемою.

Системи автоматичного регулювання, контролю і керування є запорукою якості електроенергії та тепла на електростанції. Вони є своєрідним «мозком» підприємства, оскільки здатні вчасно реагувати на відмінність параметрів від заданих. Виснаження систем контролю, керування та автоматичного регулювання енергоблоків може призвести як до нерівноваги енергосистеми і несталості частоти електроенергії, так і до величезних аварій на етапах продукування, переробки і транспортування енергії.

Переобладнання виснажених систем управління, контролю та регулювання на разі широко розглядається на усіх ТЕЦ як надважливе. Наприклад, цього року після великих аварій у місті Київ переоснащуються насамперед саме ці системи. Це допомагає поступово збільшити якісні показники електричної і теплової енергії як безпосередньо ТЕЦ, так і цілої країни.

Застосування автоматизованих систем управління дозволяє збільшити рівень надійності та економічності енергетичних установок при малій кількості обслуговуючого персоналу, сприяє підвищенню його кваліфікації [1]. Відповідно, при використанні сучаснішого обладнання, ми маємо ще більше можливостей перекваліфікації спеціалістів і ефективного використання потужностей станції. Крім того, значна кількість функцій управління і контролю автоматизується і не потребує людського втручання, тому збільшується швидкість реагування обладнання на зміни в енергосистемі.

Однією з головних задач систем керування, контролю та автоматичного регулювання є підбір оптимального режиму роботи кожної ТЕЦ. Вдалий вибір цього режиму є запорукою надійності як головного, так і допоміжного енергетичного обладнання. Тому крім якості продукту станції, її надійної експлуатації, ефективного використання потужностей, ці системи також впливають і на термін її роботи та економічність, раціональне використання паливних та інших ресурсів.

Системи керування, контролю, автоматичного регулювання та захисту є невід'ємною частиною будь-якого підприємства і їх некоректна робота може призвести до небезпечних наслідків. Це може бути не тільки розлад у енергосистемі, а і величезні аварії на станціях з величезними втратами коштів, ресурсів та людських життів. Переоснащення цих систем дозволяє кожній станції не тільки почуватися впевненіше на теренах енергетичного ринку країни, виробляти кращі енергетичні продукти, а і підтримувати інші електростанції, швидше реагуючи на негаразди в системі.

Перелік посилань:

1. Плетньов Г. П. Автоматичне управління і захист теплоенергетичних установок електростанцій : підручник для технікумів / Г. П. Плетньов - Москва : Енергоатом, 1986. – 344 с.

Студент 4 курсу, гр. ТС-61 Дульський А.І.
Ст. викл. Меренгер П.П.

ЗБІЛЬШЕННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИЗВОДИТЬ ДО РОСТУ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКОЮ

У 2019 р. на альтернативні джерела прийшлося 3,6% виробництва електроенергії в Україні, тоді як у 2018 р. – 1,7%, тобто ми стаємо свідками буму розвитку відновлювальних джерел, які починають становити значну долю в енергобалансі. В країнах Європейського Союзу альтернативні джерела (за винятком енергії з біомаси) – 17,6%, 15,5%, к 2019 і 2018 рр., відповідно. Світова електроенергетика рухається в бік екологічної та безпечної генерації. Багато розвинених країн світу відмовляється, в першу чергу від атомної енергетики, а наступний крок – відмова від вугільної енергетики. З цього можна зробити висновок, що Україна буде в тренді цих тенденцій.

Потужність альтернативної енергетики вже в кінці 2020 р. зросте щонайменше до 7,4 ГВт, а у 2030 р. – 11,2 ГВт. [1]

Енергетика як Європейських країн в цілому, так і України, зокрема, зіткнулася з наступною проблемою – збільшення відновлювальних джерел електроенергії призводить до росту шкідливих викидів електроенергетикою, а не навпаки, як це очікувалось раніше. Це спричинено тим, що такі джерела електричної енергії, як сонячні та вітрові енергоустановки мають переривчастий графік роботи.

Хмарна погода різко знижує генерацію сонячних електростанцій, а нічна частина доби, взагалі, унеможлиблює. Також потрібно мати на увазі перебої з електрикою через зупинку вітрових турбін під час штормів. Сильні шторми можуть порушити електропостачання на кілька днів в будь-який час року.

Після того як в електричну мережу додається навіть невеликий відсоток сонячної або вітрової енергетики, в енергосистемі має бути відповідний резерв маневрових потужностей, сьогодні ними виступають ТЕС. До того ж, альтернативні джерела в Українській енергосистемі «витісняють» частку базової потужності, що зазвичай генерується АЕС. В наслідок цього, в зимовий пік 2019–2020 рр. роботи енергосистеми один-два енергоблоки АЕС (які не дають емісію CO₂) були зупинені та були задіяні додаткові потужності ТЕС (які є джерелами викидів CO₂, NO_x, SO_x і т.ін.). При цьому, в даному випадку, енергоблоки ТЕС працюють постійно при змінних навантаженнях, при яких шкідливі викиди набагато більші, ніж при стаціонарних, чи близьких до них режимах.

Вже у 2021 р. має будуватись 2 ГВт нових високоманеврових потужностей з діапазоном регулювання не менше 80% встановленої і здатними до 8 разів протягом доби забезпечити пуск та зупинку з часом виходу на номінальну потужність не більше 15 хвилин. Наразі діюча генерація на таке не здатна. При відсутності резервів первинного регулювання до 2021 року необхідно ввести додатково не менше 200 МВт систем акумуляування електричної енергії для забезпечення резервів підтримання частоти», – прокоментував ключовий висновок Звіту директор з управління ОЕС України – головний диспетчер НЕК «Укренерго» В. Зайченко.

Якщо енергосистема буде працювати тільки на поновлюваних джерелах енергії, необхідно мати «резервний акумулятор», який би мав запас як мінімум на три дні [2]. «Резервним акумулятором» можуть виступати, як безпосередньо, – електричні акумулятори, так і гідроакумуляуючі електростанції (ГАЕС).

Перелік посилань:

1. <https://vse.energy/news/pek-news/electro/1031-electricity-2019>.
2. <https://vc.ru/future/90256-sem-neudobnyh-faktov-o-zelenoy-energetike-o-kotoryh-molchat-smi>

Студент 4 курсу, гр. ТС-61 Кільницька К.О.
Доц., д.т.н. Абдулін М.З.

ЕКОНОМІЧНА СКЛАДОВА ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ КОМУНАЛЬНОЇ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВІ СТРУМЕНЕВО-НІШЕВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Щороку в Україні з'являється все більше викликів, пов'язаних з стабільною та результативною роботою паливно-енергетичного комплексу (ПЕК). Застаріле виснажене обладнання, недостача можливостей модернізації, необхідність фінансування та інвестицій гальмують його розвиток та знижують ефективність ПЕК в цілому. Головні питання ПЕК, що потребують негайного вирішення, пов'язані з основними енергетичними об'єктами (електричними станціями та центральними). Також необхідно модернізувати комунальні котельні, адже саме вони є постачальниками теплової енергії в більшості міст України. Прикладів вдалої модернізації в нашій країні існує небагато, але найбільш ефективним з точки зору економічності, надійності та екологічної безпеки є використання на основі паливних пристроїв струменево-нішевої технології (СНТ) [1]. Варто зазначити, що для комунальних підприємств, як для виробника енергії, що залежить від фіксованого міського бюджету, вирішальною складовою ефективності модернізації є економічність.

Розглянемо економічність використання СНТ на паливних пристроях на прикладі модернізації водогрійного котла КВГМ-20 ст. №3 за 2015-2016 рр. у м. Житомирі (табл.). Після проведених робіт ККД котла збільшилось у середньому на 3,2 відсотки, внаслідок зменшення витрати палива на 103,3 тис м³/рік, що дозволило у грошовому еквіваленті зекономити 310,3 тис. грн. за опалювальний сезон у 2016 р. У 2017 р. встановлена ціна на газ для підприємств теплокомуненерго складала 6809,64 грн. Відповідно до цього, економічний ефект за тих самих умов – 703,4 тис. грн., а у 2018 р. при ціні 8361,85 грн. – 863,8 тис. грн. [2]

Таблиця. Технологіко-економічна ефективність модернізації котла КВГМ-20 у 2016 р.

Показник	До модернізації	Після модернізації
Річне виробництво тепла, Гкал/рік	18818,0	
Питома витрата палива, м ³ /Гкал	136,9	131,4
ККД (зведений баланс),%	89,7	92,9
Річне споживання палива котлом, тис. м ³ /рік	2576	2473
Річна економія витрати палива, тис. м ³ /рік	103,3	
Ціна 1 тис. м ³ нат. палива, грн.	3004,13	
Економічний ефект, грн./рік	310326,6	

Джерело. Побудовано за матеріалами [2], [3].

Технологія демонструє економію вичерпних коштовних енергоресурсів, а саме природного газу, ціна на який щороку помітно зростає. Крім того, її використання добре впливає на екологічну безпеку та надійність обладнання. Тому СНТ на паливних пристроях є перспективною і доцільною для модернізацій теплоенергетичних підприємств у майбутньому.

Перелік посилань:

1. Абдулін М. В. Сучасний стан технології спалювання / Абдулін М. В. / ЖКГ – 2014. – Вип. №2 (63)
2. Первинна звітність ТОВ «НБК «СНТ» за 2016 р.
3. Динаміка цін на природній газ для споживачів України. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.naftogaz.com>

ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ ВУГІЛЬНОГО ПИЛУ НА КОТЛАХ ТЕС

Ефективність спалювання вугільного пилу істотно залежить від рівномірності розподілу його по пальниках котла і впливає на утворення оксидів азоту, процеси шлакування, рідке шлаковидалення. На Трипільській ТЕС науковцями КПІ ім. Ігоря Сікорського проводилися дослідження з контролю витрати вугільного пилу на пальники котлів ТПП-210А енергоблоків 300 МВт при традиційному пневмотранспорті і висококонцентрованій пилоподачі [1].

Гідродинамічний метод дозволяє визначати витрату вугільного пилу по аеродинамічному опору ділянок пилопроводів і зводиться до розрахунку витрати пилоподібного палива за формулою [3]: $B_{nl} = \mu \cdot Q_n$, (1)
де Q_n – витрата первинного повітря на пальник, кг/с; μ – масова концентрація вугільного пилу в потоці повітря, кг/кг.

Дослідженнями на пилопроводах котла ТПП-210А встановлено, що при наявності вугільного пилу в пилопроводі витрати первинного повітря і вугільного пилу змінюються в протифазі і про витрату палива можна судити по витраті первинного повітря, яке при повністю відкритих шиберах знижується в середньому на (10–15)%. Точність розрахунку за формулою (1) визначається, в основному, точністю експериментального визначення μ :

$$\mu = H_o^e / H_o - 1, \quad (2)$$

де H_o^e , H_o – динамічний напір, створюваний потоком повітря при відсутності пилу в пилопроводі і при його наявності, відповідно, кг/см².

Узагальнення даних, що отримані при випробуваннях на котлах ТПП-210А, дозволило для розрахунку запропонувати залежність:

$$\mu = (Q_o^m / Q_o - 2,36)^2 - 1,74, \quad (3)$$

де Q_o^m ; Q_o – витрата запиленого повітря і чистого повітря в пилопроводі, відповідно, кг/с.

Тепловий метод дозволяє визначати витрату вугільного пилу в пилопроводі за ступеню охолодження первинного повітря, що транспортує пил в пальник [2]. Витрата палива B_{nl} (кг/год) на пальник розраховується за залежністю, отриманою з рівняння теплового балансу пилопроводу, з достатнім ступенем точності має вигляд:

$$B_{nl} = \frac{1952,7 \cdot \sqrt{\Delta P_o} \cdot (300 - t_{cm})}{(t_{cm} - 105)}, \quad (4)$$

де ΔP_o – перепад тиску на трубі Вентурі.

Ємнісний метод полягає у вимірі діелектричної проникності матеріалу, що проходить між пластинами конденсатора (уперше був запропонований Г. Дотсоном), має наступні переваги: первинні перетворювачі не спотворюють структуру потоку, не створюють додаткових втрат тиску, практично не піддані абразивному зношуванню; на виході перетворювач має електричний сигнал, який легко реалізується у будь-яких схемах технологічного контролю і регулювання. У порівнянні з сигналом по температурі аеросуміші ємнісний пиломір має інерційність більш ніж в 100 разів меншу. Похибки визначення концентрації вугільного пилу цими методами не перевищує $\pm 5\%$.

Перелік посилань:

1. Кесова Л.А., Литовкин В.В. Пути снижения издержек энергетического производства // Энергетика, экономика, технологии, экология, 2004.– №2.– с.5–8
2. Контроль и автоматическое управление пылеподачей на ТЭС / Л.А. Кесова. – К.: Вища шк., 1991.– 142 с. – ISBN 5-11-002122-8

Студентка 4 курсу, гр. ТС-г61-1 Куєк Ю.О.
Доц., к.т.н. Нікуленкова Т.В.

ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОЇ МІЦНОСТІ І ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ТУРБІНИ К-200-130

В Україні 74 енергоблоки ТЕС потужністю 150–800 МВт із 102 знаходяться на межі перевищення паркового ресурсу (220 тис. годин). 17 енергоблоків впритул наближаються до напрацювання паркового ресурсу, а 11 блоків досягли розрахункового ресурсу (100 тис. годин). На ТЕС встановлено 43 блоки з турбінами 200 МВт, що складає 47 % від загальної кількості парових турбін потужності 200–800 МВт (92 блока).

При проведенні розрахункової оцінки ресурсу роторів парових турбін автори нормативних документів не враховували ремонтно-відновлювальні зміни в елементах ЦВТ і ЦСТ, що утворились впродовж всього терміну експлуатації парової турбіни. Відсутні були експериментальні дані про стан металу роторів 25X1M1ФА від циклічної втоми та крутильних коливань після експлуатації обладнання понад парковий ресурс [1].

Достовірне визначення залишкового ресурсу роторів з експериментальним дослідженням стану металу і технічним аудитом в процесі довготривалої експлуатації дозволило б прогнозувати або термін подальшої експлуатації, або виведення обладнання з експлуатації з заміною на нове обладнання. Подовження ресурсу парових турбін великої потужності при використанні комплексної схеми оцінювання залишкового ресурсу, яка поєднує результати руйнівного і неруйнівного контролю з розрахунками малоциклової втоми, довготривалої міцності та втоми від крутильних коливань, забезпечує актуальність теми дослідження.

Можливість подовження ресурсу турбін великої потужності базується на оцінці якості металу штатних турбін Луганської та Старобешівської ТЕС, які пропрацювали більше 200 тис. год. [2]

Перелік посилань:

1. Нікуленкова Т.В. Розрахункова оцінка залишкового ресурсу елементів турбіни потужністю 200 МВт Луганської ТЕС / О.Ю. Черноусенко, Т.В. Нікуленкова // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики. – Київ: НТУУ «КПІ», 2009. - С. 27.
2. V. Peshko, O. Chernousenko, T. Nikulenkova, A. Nikulenkov Comprehensive rotor service life study for high & intermediate pressure cylinders of high power steam turbines // Propulsion and Power Research – China: National Laboratory for Aeronautics and Astronautics, 2016 – Volume 5, Issue 4 – pp. 302-309. <http://www.elsevier.com/solution/scopus/content> Scopus

Студент 4 курсу, гр. ТС-61 Миронюк А.М.
Ст. викл. Меренгер П.П.

ПИЛОВУГІЛЬНІ ПАРОГАЗОВІ УСТАНОВКИ З ВНУТРІШНЬОЦИКЛОВОЮ ГАЗИФІКАЦІЄЮ ВУГІЛЛЯ

За кордоном знаходяться в експлуатації, будується і проектується більше 70 ПГУ (парогазових установок) з внутрішньоцикловою газифікацією вугілля (ВЦГВ), заснованої на різних процесах генерації газів (Техасо, PRENFLO і ін.) З використанням, як правило, парокислородного дуття. Серед діючих можна назвати ПГУ з ВЦГВ потужністю 284 МВт (брутто) (ТЕС «Buggenum», Нідерланди) з газифікацією вугільного пилу під тиском 2,5 МПа (1994 р.); установка потужністю 262 МВт на вугіллі (ТЕС WaBash River, США) вперше була пущена в серпні 1995 р., ПГУ з ВЦГВ потужністю 250 МВт на ТЕС Polk (США) з газифікатором Техасо на повітряному дутті та ГТУ типу 7FA – в 1997 р.; ПГУ з ВЦГВ потужністю 107 МВт брутто (ТЕС Pinon Pine, США) з ГТУ типу 6FA і газифікатором KRW з киплячим шаром – в 1997 р.

Хорошим прикладом виступає експериментальна ТЕС Буггенум у Нідерландах в провінції Лімбург. Введений в експлуатацію у 1994 році єдиний блок станції спорудили з використанням технології комбінованого парогазового циклу, котра почала набувати широкого застосування з кінця 20 століття. При цьому ТЕС призначалась для випробовування та удосконалення процесу газифікації вугілля, що у випадку успіху відкрило б шлях до широкомасштабного використання синтез-газу для виробництва електроенергії. Площадку для розміщення станції обрали поряд із вугільною ТЕС Маас, паливний склад якої використали для нового об'єкту (саму ж Маас, яка працювала з 1954 року, закрили через два роки після спорудження Буггенум).

Блок обладнали котлом-утилізатором Stork та турбінами компанії Siemens: газовою V94.2 потужністю 170 МВт та паровою потужністю 83 МВт [1] (нетто, загалом блок видавав до 285 МВт, проте значна частина електроенергії споживалась у власному виробничому процесі).

За окремими важливими параметрами (викиди оксидів сірки та азоту) робота ТЕС Буггенум на синтез-газі виявилась екологічнішою навіть у порівнянні зі спалюванням природного газу. В той же час, викиди діоксиду вуглецю були до двох разів більшими. На станції також експериментували з додаванням у призначену для газифікації вугільну суміш біомаси. Частку останньої вдалось довести до 20%, при цьому зменшення викидів діоксиду вуглецю становило до 22%. Паливна ефективність ТЕС становила 43% – на рівні найкращих конденсаційних станцій, проте набагато менше, ніж у парогазових на традиційному паливі. [2, 3]. Енергоблок працював як у піковому, так і базовому режимах.

В 2005 році ТЕС пройшла модернізацію, але вже на початку 2010-х прийняли рішення про її закриття. Саме тоді в Західній Європі почався складний період для вугільних електростанцій, викликаний конкуренцією з поширенням відновлюваної енергетики. Станція Буггенум припинила роботу у 2013 році. [4]

Знаючи структуру паливного балансу України та виходячи з закордонного досвіду експлуатації ТЕС по технології ПГУ з ВЦГВ, – можна зробити висновок, що ця технологія перспективна для енергетики України.

Перелік посилань:

1. Buggenum (Willem-Alexander) IGCC Power Plant Netherlands - GEO. globalenergyobservatory.org (en). Процитовано 2018-06-18.
2. nuon | netl.doe.gov. www.netl.doe.gov (en-US). Процитовано 2018-06-18.
3. Nuon Magnum Electricity of the future.
4. cc-netherlands. www.industcards.com. Процитовано 2018-06-18.

Студент 4 курсу, гр. ТС-61 Новіков Д.В.
Ст. викл. Меренгер П.П.

ПЕРЕВЕДЕННЯ ПИЛОВУГІЛЬНИХ КОТЛІВ ТРИПІЛЬСЬКОЮ ТЕС З АШ НА ГАЗОВУ ГРУПУ ВУГІЛЛЯ

19 лютого 2018 р. на енергоблоці №4 (300 МВт) Трипільською ТЕС ПАО "Центренерго" (Тп ТЕС) завершено комплекс будівельно-монтажних робіт з переведення котлоагрегатів на використання газового вугілля (марки "Г" і "ДГ") [1].

Наступним кроком – на Трипільській ТЕС в кінці 2019 р. перевели енергоблок №3 з АШ теж на вугілля марки "Г" і "ДГ". Таким чином, Трипільська ТЕС є першим прикладом в Україні гібридної станції, яка паралельно має можливість спалювати різні види вугілля, що є украй важливим в підвищенні незалежності і енергобезпеки України.

На сьогодні на Тп ТЕС – 6 енергоблоків потужністю 300 МВт кожний, які спалюють: блоки №1, 2 – вугілля марки АШ; блоки №3, 4 – вугілля марок "Г" і "ДГ"; блоки №5, 6 – природний газ та мазут.

Тобто, станція може спалювати в своїх енергетичних котлах майже всі типи палива, які використовуються в енергетичному балансі України для електроенергетики.

Антрацит і вугілля газової групи – принципово різні види палива за фізико-хімічними властивостями і мають різні норми і вимоги по пожежовибухобезпечності, тому при модернізації котельних установок постає необхідність це враховувати. При спалюванні вугілля, відмінного від проектних, увесь повітря-паливний тракт в котлі працює по-іншому, тобто необхідно виконати комплекс балансових розрахунків співставними з об'ємом проектування нового котла (теплові, аеродинамічні, гідродинамічні розрахунки), розробити конструкторську документацію, а потім виготовити ряд принципово нових його вузлів: від нових пальників до системи рециркуляції димових газів [1].

В результаті модернізації системи пилоподачі – пилоподачу високою концентрацією залишили, але перевели з роботи під тиском в режим під розрядженням з заміною пальників, замість аераційних пиложивильників (АПЖ) встановили лопатеві пиложивильники (ЛПЖ). Встановлення нових пальників виправдано тим, що вони мають парові ежектори для забезпечення розрідження в транспортуючому пилопроводі. Встановлення ЛПЖ продиктовано необхідністю забезпечити пожежовибухобезпечність системи, але це не краще рішення, знаючи їх технічні та експлуатаційні недоліки.

Більш технологічно було б застосувати аеропиложивильник для газового вугілля, який пропанують в патенті на корисну модель [2]. Робочим інертним газовим агентом можуть слугувати димові газу, які відбираються, в тому числі і для забезпечення роботи системи пилоприготування. Відібрані димові газу очищуються від залишків золи в спеціальному циклоні (можливе використання рукавних фільтрів) та проходять охолоджувач газів. Для створення необхідного робочого тиску зріджуючого газу на АПЖ встановлюють додатково високонапірну газодувку (одну робочу та одну резервну, що спільно працюють на обидва енергоблоки). Для пожежовибухобезпечної роботи систем пилоприготування і пилоподачі необхідно контролювати температуру і вмісту кисню в інертному газовому агенті (не вище 11–12%).

Перелік посилань:

1. Стеценко В.В., Меренгер П.П. Переведення пиловугільних енергоблоків ТЕС України що спалюють антрацит на газове вугілля / Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVI МНПК аспірантів, магістрантів і студентів, м.Київ, 24–27 квітня 2018 р. У 2 т. – К.: КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2018. – Т. 1. – с. 170
2. Літовкін В.В., Кєсова Л.О., Гулієнко В.С. Аеропиложивильник газового вугілля / Патент на корисну модель, UA 93100 МПК (2014.01) F23K 5/00

Студент 4 курсу, гр. ТС-61 Сугоняко Д.В.
Ст. викл. Меренгер П.П.

ДОСВІД ПРОМИСЛОВОГО ВИКОРИСТАННЯ СІРКООЧИСТКИ НА ТЕС В УКРАЇНІ

На Трипільській ТЕС (ТпТЕС) ПАТ «Центрэнерго» у вересні 2019 р. – відбувся запуск сіркоочистки. Це пілотний проект не тільки для підприємства, але й для всієї України, повідомляється на сторінці «Дніпровський енергетик».

«Основним стаціонарним джерелом викидів забруднюючих речовин в атмосферу від ТпТЕС є енергетичні котлоагрегати. При спалюванні органічного палива в котлоагрегатах утворюються суспендовані тверді частинки, оксиди азоту і вуглецю та сірчистий ангідрид. Відпрацьовані димові газы від енергоблоків № 1–4 відводяться у димову трубу висотою 180 м».

Для поліпшення екологічної ситуації навколо Київського регіону в рамках реконструкції енергоблока №2 на ТпТЕС в серпні 2013 року розпочалося спорудження першої в Україні промислової установки з очищення димових газів від двоокису сірки за перспективною напівсухою технологією фірми RAFACO S.A. (Польща).

Установка сіркоочистки входить в технологічну лінію котла. Димові газы направляються через реактор, рукавний фільтр, вентилятор в димову трубу (див. рис. 1).

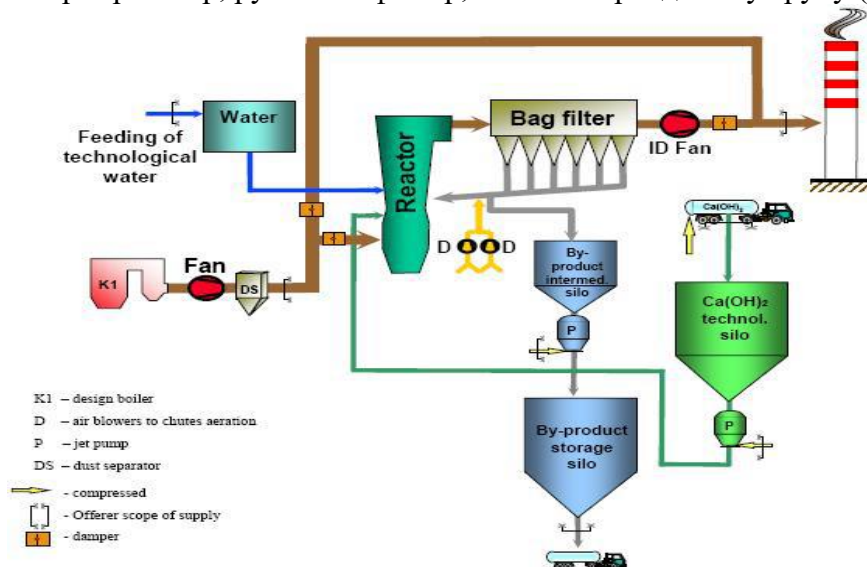


Рисунок 1 – Установа напівсухої сіркоочистки

Сорбентом в пропонованій технології напівсухий сіркоочистки димових газів є гашене вапно $\text{Ca}(\text{OH})_2=93\%$ (середня витрата 8100 кг/год). Побічним продуктом є суміш золи, сульфїту, сульфату, хлориду, фториду, карбонату, гідроксиду кальцію та інших забруднюючих речовин, які видаляються з димових газів.

Вартість проекту – 580 млн.грн., з них вже профінансовано понад 501 млн.грн (понад 193 млн профінансувало «Центрэнерго», 308 млн – Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики і комунальних послуг (НКРЕКП).

«Відповідно до затвердженого проекту спорудження сіркоочистки планувалося зменшення кількості викидів SO_2 з 2500 мг/м³ до 400 мг/м³, тобто в 6 разів. Однак, фактично на вході ми отримали показники по SO_2 — 1000 мг/м³, а на виході — 70 мг/м³ (станом на 12.09.2019 р.), тобто зниження відбулося в 14 разів». [1]

Наразі йде процес оптимізації режиму роботи обладнання.

Перелік посилань:

1. <https://vse.energy/news/pek-news/electro/1031-electricity-2019>.

Студент 4 курсу, гр. ТС-61-1 Фершал А.М.
Доц., к.т.н. Нікуленкова Т.В.

ОСЬОВІ ЗУСИЛЛЯ, ЯКІ ДІЮТЬ НА УПОРНИЙ ПІДШИПНИК ТУРБІНИ

Під дією пари в турбіні виникає сила, яке прагне зрушити ротор в осьовому напрямку, зазвичай в сторону руху пари. Для утримання ротора турбіни служить упорний підшипник. Надійність роботи турбіни у великій мірі залежить від працездатності упорного підшипника. Саме він сприймає результуюче осьове зусилля [1].

Осьові зусилля з'являються в результаті різниці тисків і виникають:

- по обидві сторони робочих лопаток;
- по обидві сторони дисків робочих колес;
- на різних діаметрів валу;
- в гребнях діафрагмових та периферійних ущільненнях.

Значення цих складових осьового зусилля залежать від ступені реактивності, конструктивного формування ступеней та від режимних параметрів, які в свою чергу визначаються коефіцієнтами витрат. Найголовніший фактор, від якого залежить осьове зусилля це точність визначення тиску в камерах проточної частини турбіни. Але ці тиски непостійні по висоті лопаток, радіусу дисків та довжині ущільнень. Осьове зусилля змінюється зі зміною режиму роботи турбіни, так як при цьому змінюється розподіл тисків по ступенях. Слід при цьому відрізнити стаціонарні осьові зусилля, які характерні при тривалій роботі турбіни на заданих режимах, від осьових зусиль, які змінюються в часі і виникають протягом переходу від одного режиму в інший. Крім цього осьові зусилля змінюються в процесі експлуатації, а також при реконструкції турбіни. Значення осьових зусиль можуть значно збільшуватись. Це виникає при зниженні температури пари, відкритті перевантажувального клапана, скиданні та піднятті навантаження, зміні частоти обертання. Повне осьове зусилля, що діє на ротор, визначається підсумовуванням зусиль, які виникають у кожній ступені, і які діють на уступи ротора і ущільнення [2].

Параметри оптимізації:

1) Для зменшення осьового зусилля зменшується реактивність ступені. Чим вища ступінь реактивності ступенів турбіни, тим більше осьове зусилля.

2) Співвідношення витрат зменшує тиск між діафрагмою та диском.

3) А також осьові зусилля залежать від площі зазорів в корневому ущільненні. Від цих значень залежить тиск перед диском. Якщо, наприклад, при експлуатації турбіни збільшується зазор в діафрагменному ущільненні, тоді збільшується втрата і відповідно зростає тиск перед диском та осьове зусилля.

Перелік посилань:

1. Занин А.И., Соколов В.С. Паровые турбины. – М.: Высшая школа, Машиностроение. 1970. – 124 с.
2. Паровые и газовые турбины. Под ред. Костюка А.Г., Фролова В.В. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 352 с.

Студент 4 курсу, гр. ТС-61 Шклярук Д.С.
Ст. викл. Меренгер П.П.

СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНОЮ ПОДАЧЕЮ ВУГІЛЬНОГО ПИЛУ НА ПАЛЬНИКИ КОТЛІВ

На пиловугільних енергоблоках ТЕС навантаження блоку задає КРП (котельний регулятор потужності). Якщо КРП відключити від котла, тоді навантаження задає регулятор ОТЗ (обмежувачі темпу завдання витрати), який є коректором завдання регуляторам витрати та палива. Регулятори теплового навантаження РТН також є коректорами завдання регуляторам витрати палива.

РТН по одному на кожний АПЖ (аераційних пиложивильників) підтримують заданий відсоток відкриття регулюючих клапанів аераційних пиложивильників, а в перспективі (після установки витратомірів пилу) будуть підтримувати задану витрату палива.

Однак в умовах експлуатації спостерігається зміна рівня пилу в промбункері, що впливає на процес псевдозрідження в аеропиложивильниках (АПЖ). У системі «промбункер – АПЖ» негативний вплив зміни рівня пилу в промбункері можна компенсувати регулюванням подачі повітря в АПЖ пропорційно зміні рівня пилу [1]. Але зміна витрати палива вимагає ще і корекції співвідношення швидкостей вторинного повітря W_2 до швидкості первинного повітря W_1 в пальниках [2].

Вдосконалення системи подачі вторинного повітря з корекцією співвідношення вторинного повітря до первинного – через блок співвідношення швидкостей дозволить корегувати швидкісний рівень газів, що рециркулюють від фронту полум'я до кореня. Система містить датчик рівня пилу в промбункері, який електрично пов'язаний із загальним на котел (або корпус) регулятором повітря на аерацію, в якій додатково використовується корегувальний регулятор співвідношення швидкостей первинного та вторинного повітря на пальник котла, до входу якого через блок співвідношення швидкостей підключені датчики витрати первинного і вторинного повітря. В результаті введення додаткового коригуючого регулятора співвідношення швидкостей вторинного повітря (W_2) і первинного (W_1) в процесі горіння забезпечує отримання максимальної температури при стехіометричному надлишку повітря ($\alpha_T < 1$). Співвідношення швидкостей W_2/W_1 на пальник входить в програму позонного розрахунку параметрів топкового процесу. Недотримання оптимального співвідношення $W_2/W_1=1,3-1,5$ призводить до порушень аеродинаміки, які проявляються в зниженні приосьової рециркуляції газів від фронту полум'я до осі пальника та затягує процес вигорання вуглецю палива., що погіршує її техніко-економічні показники.

Таким чином, для оцінки зміни швидкостей рекомендується використовувати датчики тиску, наприклад, малогабаритні п'єзокерамічні датчики тиску, які видають електричний сигнал на контролер, де реалізується вимірювання співвідношення динамічного тиску в потоках вторинного і первинного повітря, яке змінюється пропорційно співвідношенню W_2/W_1 в робочих режимах експлуатації котла.

Перелік посилань:

1. Кесова Л.О., Георгієв О.В., Меренгер П.П. [та ін.]. Система автоматичного курування подачею вугільного пилу високої концентрації на пальники котла. Патент на корисну модель №22502 МПК(2006) F23N 1/00, Опубл. 25.04.2007, Бюл. №5
2. Кесова Л.О., Літовкін В.В., Меренгер П.П. [та ін.]. Система автоматичного регулювання топкових процесів котлів з подачею на пальники вугільного пилу високої концентрації під тиском. Патент на корисну модель №110788 МПК(2006.01) F23N 1/00, Опубл. 25.10.2016, Бюл. №20

Студентка 4 курсу, гр. ТС-гб1-1 Шкута М.Ю.
Доц., к.т.н. Нікуленкова Т.В.

РЕСУРСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРОВОЇ ТУРБИНИ К-300-240

Парова турбіна – основний силовий технологічний вузол електричної станції, в якому внутрішня енергія пари, запасена при його генеруванні, перетворюється в механічну енергію обертання ротора. На відміну від парової машини, яка здійснює безпосереднє перетворення внутрішньої енергії пари в роботу рухомого поршня з використанням сил пружності пари, парова турбіна за допомогою соплових лопаток спочатку перетворює внутрішню енергію пари в кінетичну енергію потоку робочого тіла, а потім вже останню – в механічну енергію ротора, що обертається.

На ТЕС України встановлено та експлуатується 42 енергоблоки з турбінами типу К-300-240, на зміну яких, заводом ПАТ «Турбоатом» розроблена та випускається турбіна К-325-23,5. Ресурс цієї турбіни обмежений: 100 пусків з холодного та 2000 пусків з гарячого станів. Досвід експлуатації турбін великої потужності показує, що при їх використанні для регулювання електричних мереж така кількість пусків з різних станів недостатня. Аналіз публікацій вітчизняних та закордонних авторів показує, що майже відсутні дослідження, які спрямовані на оцінку напруженого стану елементів турбін у період підготовки до пуску, тобто в період від подачі пари на кінцеві ущільнення до поштовху ротора та набору потужності. В той же час відомо, що подача гарячої пари на холодні поверхні елементів турбіни призводить до появи термоударів та розвитку великих термонапружень, які є причиною появи тріщин втоми [1].

Однією з найбільш напружених деталей турбін є ротор високого тиску на режимі пуску. Надходження гарячої пари на непрогрітий ротор викликає високий 4 ризик появи тріщин втоми в місцях концентрації напружень. Такими місцями є області переднього кінцевого ущільнення, диски регулюючого ступеня та діафрагмових ущільнень першого та другого ступенів тиску. Тому дослідження термонапруженого стану ротора високого тиску (РВТ) з розвиненими кінцевими ущільненнями на всьому періоді роботи турбіни, включаючи періоди підготовки до пуску та пуску турбіни, враховуючи те, що ресурс турбіни оцінюється по ресурсу роторів високого та середнього тиску, є актуальним.

Перелік посилань:

1. Бахмутская Ю.О. Исследование термонапряженного состояния выходного патрубка цилиндра высокого давления паровой турбины К-325-23,5 // Компрессорное и энергетическое машиностроение. 2013. № 1 (31). С. 23-27.

Студент 4 курсу, гр. ТС-61 Ярошенко В.Ф.
Ст. викл. Меренгер П.П.

ЗАСТОСУВАННЯ ВОЛОГОГО СПОСОБУ ОЧИСТКИ ДИМОВИХ ГАЗІВ

Серйозною проблемою захисту атмосфери є зниження викиду діоксиду сірки, при спалюванні органічних палив щорічно викидаються мільйони тонн.

Для аналізу впливу виду палива на викид оксидів сірки та інших шкідливих домішок важливо знати питому кількість цих викидів на 1 кВт·год відпущеної електроенергії, для донецького вугілля вихід газів при нормальних умовах приблизно дорівнює $4 \text{ м}^3/(\text{кВ}\cdot\text{год})$, летюча зола – $97 \text{ г}/(\text{кВ}\cdot\text{год})$, оксиди сірки – 21,6, оксиди азоту – 2,8.

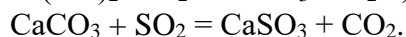
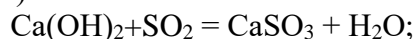
Вирішенні даної проблеми є екологічно раціональний розподіл палива по електростанціям. Наприклад, електростанції, розташовані в великих містах і спалюють сірчистий мазут або сірковмісні вугілля, доцільно переводити на спалювання природного газу. Але цей шлях обмежений наявністю необхідної кількості та ціною газу.

З 01.01.2018 р. для всіх без винятку підприємств, установ і організацій набула чинності норма абзацу третього пункту 15 Технічного регламенту про заборону на території України виробництва та введення в обіг котельних палив (мазуту) з вмістом сірки більш як 1%, така заборона відповідає вимогам європейського законодавства і Договору про заснування Енергетичного співтовариства, членом якого є Україна [1].

Якщо ж перехід ТЕС на спалювання газу або малосернистого твердого палива чи мазуту неможливий, тоді необхідно розглядати такі варіанти: очищення димових газів або зв'язування сірки в процесі спалювання, або попереднє видалення сірки з палива. Методи очищення димових газів можуть бути поділені на циклічні (замкнуті), в яких адсорбент регенерується і повертається в цикл та нециклічні (розімкнуті), де регенерація адсорбенту та інших речовин не проводиться. Техніко-економічні розрахунки показують, що зі збільшенням вмісту сірки в паливі і відповідно концентрації діоксиду сірки в димових газах збільшується доцільність застосування способів очищення з регенерацією.

Крім того, методи сіркоочистки поділяються на сухі, вологі та напіввологі.

Розглянемо, як більш перспективний – вологий вапняний спосіб. Цей нециклічний процес найбільш розвинений і є найпоширенішим на електростанціях США, Японії, Німеччини та ін. Він забезпечує очищення газів на 90% від SO_2 . Метод заснований на нейтралізації сірчистої кислоти, що виходить в результаті розчинення діоксиду сірки найбільш дешевими лужними реагентами – гідратом оксиду кальцію (вапном) або карбонатом кальцію (вапняком):



При всіх мокрих засобах очищення димових газів від оксидів сірки температура відхідних газів знижується з 130 до 50 °С. Підігрів зазвичай здійснюється газоподібним паливом або теплотою неочищених газів. Додаткова витрата палива складає близько 3% від витрати на котел. Підігрів газів здійснюється для забезпечення розсіювання після входу їх з димової труби. Одним зі складних процесів при очищенні димових газів «мокрими» методами є ефективно уловлювання бризок зрошуваних розчину з газів, що викидаються в атмосферу. Краплі суспензії, що зрошує скруббер і містить багато зважених часток, осідаючи на поверхні елементів бризковловлювача, утворюють з плином часу відкладення, які збільшують гідравлічний опір апаратів і вимагають періодичного очищення. В результаті цих реакцій виходить сульфат кальцію, частково окислюється в сульфат CaSO_4 . Потім сульфат остаточно доокислюється до сульфату кальцію, який є цінним будівельним матеріалом – гіпсом ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Перелік посилань:

1. <https://vse.energy/news/pek-news/electro/1031-electricity-2019>.

Студент 3 курсу, гр. ТС-п71 Володимирчук О.А.
Ст. викл. Меренгер П.П.

ТЕХНОЛОГІЯ ПИЛОПОДАЧІ З ВИСОКОЮ КОНЦЕНТРАЦІЄЮ ПІД ТИСКОМ, ЯК МЕТОД ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ОКСИДІВ АЗОТУ

Технологію пилоподачі з високою концентрацією під тиском (ПВКт), як метод зниження викидів NO_x , досліджував КПІ ім. Ігоря Сікорського на котлах ТПП-210А Трипільської ТЕС (вугілля марки АШ) [1].



Рисунок 1 – Принцип стадійної подачі повітря

Механізм зниження викидів NO_x в котлі з системою ПВКт складається з наступного:

1. Перед подачею в пальники аеросуміш від аероживильників змішується з первинним повітрям в ежекторах-змішувачах на відстані (1,5–2) м від пальника, що призводить до активації частинок вугільного пилу внаслідок розтріскування їх поверхні («термошок»);
2. На початковій стадії горіння висококонцентрований потік палива має високий ступінь чорноти, що забезпечує раннє запалювання частинок з недостатнім надлишком повітря (витрата первинного повітря знижена на 30%; $\alpha_r < 1$). Останнє призводить до часткової газифікації палива, створення відновлювального середовища і, відповідно, зниження NO_x ;
3. Вторинне повітря забезпечує необхідною кількістю окислювача на другій стадії горіння – принцип стадійної подачі повітря (рис. 1). Температура в ядрі факелу дещо знижується за рахунок зниження витрати первинного і збільшення вторинного повітря ($G_{\Sigma \text{ повітря}} = \text{const}$) при незмінному теплонапруженні в топці.

КПІ ім. І.Сікорського та Ін-м газу НАН У були проведені порівняльні дослідження по оцінці впливу ПВКт на екологічні показники котлів ТПП-210А в порівнянні з традиційною системою пилоподачі. Встановлено, що викиди NO_x на котлах з ПВКт в діапазоні навантажень енергоблоку 300–225 МВт менші, ніж на котлі з традиційною системою пилоподачі. Зменшення викидів NO_x котлом з ПВКт на (20–21,4)% досягнуто без порушення технології виробництва пари і збільшення викидів оксидів вуглецю [1]. Експериментальні дані КПІ ім. Ігоря Сікорського та інституту газу НАН У підтверджені дослідженнями ЦКТИ [2]. Дослідження ЦКТИ показали, що перехід з традиційної системи пилоподачі на ПВК дозволяє знизити NO_x при всіх способах шлаковилучення: при твердому – на 50 мг/м^3 , при рідкому – на 150 мг/м^3 . Крім того, встановлено, що зниження NO_x до 600 мг/м^3 призводить до збільшення q_4 (до 2–3%). Ці дані підтверджує експлуатаційні вимірювання в Японії на котлі зі ступінчатим спалюванням високореакційного кам'яного вугілля підвищення q_4 на 1% знижує концентрацію NO_x на $200\text{--}300 \text{ мг/м}^3$ [3].

Зміна надлишку повітря на котлах з ПВКт є простим режимно-технологічним методом впливу на утворення NO_x і механічного недопалу. Тому рекомендації КПІ ім. Ігоря Сікорського [1] щодо можливості зміни первинного ($\alpha_r=1,15\text{--}1,3$) та транспортуючого (в діапазоні 40–70 кг/год) повітря в процесі експлуатації котлів, з метою впливу на топковий режим, є реальними і можуть бути рекомендовані для використання.

Перелік посилань:

1. Кесова Л.А., Довготелес Г.А., Котельников Н.И. и др. Разработка, исследование, внедрение и опыт эксплуатации системы высококонцентрированной пылеподачи котлов ТПП-210А Трипольской ТЭС // Общ-во «Знание Украины», 2001. – 94 с.
2. Шатиль А.А. Топочные процессы и устройства. – С.-Петербург: ЦКТИ 1997. – 185 с.
3. Миямае Ш и др. Технология сжигания угольной пыли с низким выходом NO_x для мощной электростанции. Доклад на межд. симпозиуме по горению угля. Пекин, 1987.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛІОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВ

Ми живемо в прогресивному світі, де усе має свою ціну, особливо, коли мова йдеться про комфортну життєдіяльність. Ось чому розвинені країни намагаються зупинити руйнівну експлуатацію землі шляхом впровадження нових методів добутку енергії. Обмежена кількість традиційних енергоресурсів змусила весь світ переходити на використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії як екологічно безпечної альтернативи. Сьогодні, більшість європейських компаній використовує нетрадиційні джерела енергії. Навіть Україна приєдналася до цієї тенденції. Найпопулярніший і доступний тип альтернативної енергії – сонячна енергетика.

Основна ідея – перехід з основних джерел енергії на сонячну. Сонячна енергія працює, перетворюючи світло від сонця в електрику. За допомогою цього методу можна знизити рівень використання невідновлюваних ресурсів таких як: газ, нафта або вугілля.

У системах, що безпосередньо використовуються, сонячна енергія може бути використана для отримання електроенергії або тепла через систему панелей або дзеркал. Фотоелектричні батареї перетворюють сонячне світло безпосередньо в електрику. Сонячні теплові колектори використовують теплопоглинаючі панелі та ряд приєднаних циркуляційних трубок для нагріву води чи будівель. (Сонячні теплові колектори – це особливий вид теплообмінників, які перетворюють сонячне випромінювання в теплову енергію через транспортне середовище або теплоносій).

Фотоелектричні модулі використовують світлову енергію (фотони) від Сонця для отримання електрики завдяки фотоелектричному ефекту. Більшість модулів використовують кристалічні кремнієві комірки на основі пластин або тонкоплітків. Структурним членом модуля може бути верхній або задній шар. Батареї повинні бути захищені від механічних пошкоджень і вологи. Більшість модулів є жорсткими, але доступні і напівгнучкі на основі тонкопліткових комірок. Осередки підключаються електрично послідовно, одна до іншої до потрібної напруги, а потім паралельно для збільшення сили струму. Сила модуля – це математичний добуток напруги та сили струму. На задній частині сонячної батареї приєднано PV-роз'ємний блок і функціонує як його вихідний інтерфейс. Для зовнішніх підключень для більшості фотоелектричних модулів використовуються роз'єми MC4, щоб полегшити підключення до атмосфери з рештою системи. Також можна використовувати інтерфейс живлення USB. Електричні з'єднання модулів виконані послідовно для досягнення бажаної вихідної напруги або паралельно, щоб забезпечити бажану потужність струму сонячної панелі або системи ПВ. Провідні дроти, які відключають струм від модулів, розмірюються відповідно до коефіцієнта потужності і можуть містити срібло, мідь або інші немагнітні провідні метали. Обхідні діоди можуть бути включені або використані ззовні, у разі часткового затінення модуля, щоб досягти максимального виходу розділів модулів, які все ще висвітлюються.

Висновок: Сонячна енергетика дуже перспективна в наші дні. Сьогодні щорічний приріст енергії за останні п'ять років в середньому становить близько 40%. Енергія, отримана на основі сонячної радіації, може забезпечити 20–25% електроенергії людства до 2040 року та зменшити викиди вуглекислого газу. На думку експертів ООН, за 40 років, при відповідному рівні поширення передових технологій, він буде генерувати близько 9 тисяч тераватних годин – або 20–25% всієї необхідної електроенергії, а це зменшить викиди вуглекислого газу на 6 млрд. тонн щорічно.

ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ДИМОВИХ ГАЗІВ КОТЛІВ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

Метою даної роботи є аналіз ефективності теплоутилізаційних систем газоспоживальних опалювальних котлів з комбінованим використанням утилізованої теплоти для нагрівання води теплової мережі та системи хімічне водоочищення. Найпоширенішим напрямом теплоутилізації відхідних газів водогрійних опалювальних котлів є підігрівання в теплоутилізаційному устаткованні зворотної води системи тепlopостачання перед надходженням її до котла. У цьому разі утилізована теплота використовується безпосередньо в котлі. У разі такого традиційного використання утилізованої теплоти глибоке охолодження димових газів реалізується здебільшого тільки в осінньо-весняний період за відносно незначних навантажень котлоагрегата. За цих умов приріст ККД котла становить зазвичай 3–6 % [1]. З метою підвищення ефективності використання палива шляхом реалізації глибокого охолодження відхідних газів упродовж усього опалювального періоду потрібно використовувати утилізовану теплоту також для нагрівання теплоносіїв більш холодних, ніж зворотна вода теплової мережі. Такими теплоносіями можуть слугувати холодна вода системи хімічне водоочищення (ХВО), вода технологічних потреб, дуттьове повітря тощо. Також є регенеративний повітропідігрівник він представляє собою протиточний теплообмінний апарат для прогріву повітря, що надходить в пальники котла за рахунок використання тепла відхідних газів. Процес теплообміну в РПП здійснюється чергуванням нагріву і охолодження обертового зі швидкістю приблизно 2 хв^{-1} , ротора з пакетами нагрівальних елементів в газовому та повітряному потоках. Тепло акумулюється в нагрівальних листах під час перебування в потоці гарячих газів, потім передається омиває їх потоку холодного повітря [2]. В результаті відбувається його нагрівання до необхідної температури. Для більшої утилізації тепла в ПК також використовують економайзери принцип роботи якого простий рухаючись по змійовику, теплоносій нагрівається за рахунок газоподібних продуктів горіння. Щільне розташування труб в шаховому порядку сприяє сповільненого проходженню газів, які встигають віддати енергію теплоносія в трубах. Конденсат, утворений під час глибокого охолодження димових газів у теплоутилізаторах, може корисно використовуватись у котельні [3]. Варто зазначити, що застосування запропонованої теплоутилізаційні технології з глибоким охолодженням димових газів забезпечує, окрім економії палива, значний екологічний ефект завдяки зменшенню витрати палива на 5,2–9,8 %.

Перелік посилань:

1. Фиалко Н.М. Термодинамическая оптимизация и анализ эффективности теплоутилизационной системы котельных агрегатов / Н.М. Фиалко, Ю.В. Шеренковский, А.И. Степанова, Г.А. Пресич, Р.А. Навродская, О.Е. Малецкая, Г.А. Гнедаш // Промышленная теплотехника : сб. науч. тр. – 2012. – Т. 34, № 2. – С. 59-66.
2. Баскаков А.П. Анализ возможностей глубокого охлаждения продуктов сгорания котельных установок / А.П. Баскаков, В.А. Мунц, Н.Ф. Филипповский, О.А. Раков, Е.В. Черепанова // Промышленная энергетика : сб. науч. тр. – 2009. – № 10. – С. 53-58.
3. Кудинов А.А. Охлаждение продуктов сгорания природного газа в конденсационных теплоутилизаторах / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина // Промышленная энергетика : сб. науч. тр. – 2010. – № 4. – С. 39-43.

УДК 621

Студентка 2 курсу гр. ТС-81, Беднарська Я.С.
Аспірантка 2 курсу, гр. ТС-81ф, Беднарська І.С.
Доц., к.т.н. Риндюк Д.В.

ВПЛИВ МАРКИ МАЗУТУ НА ВИКИДИ СІРЧИСТОГО АНГІДРИДУ

В повітряний простір України щороку потрапляє близько 6 мільйонів тон шкідливих речовин, що забруднюють атмосферу. Тому ця проблема є найактуальнішою на даний момент і потребує значної уваги та розголосу зі сторони громадськості [1]. Найбільшими забруднювачами є промислові підприємства. Найбільш токсичним із викидів при спалюванні палива є сірчистий сірка. Її можна розділити на горючу та негорючу. Шкідливою вона є через те, що камері згоряння утворює двооксид сірки, а він у свою чергу частково окислюється, цим самим утворюючи вищий оксид SO_3 .

Для вирішення цієї проблеми було проведено дослідження різних марок мазуту, а саме, при згоранні якого з мазутів виділяється найменше шкідливих речовин, зокрема SO_2 . До основних марок мазуту, які використовуються в енергетиці належать: високосірчисті та малосірчисті мазути трьох марок – 40, 100 і 200. Вони відрізняються між собою складом горючим речовин, тому було вирішено провести дослідження, яка марка мазуту принесе найменше шкоди.

За даними ГКД [2] було розраховано емісії викидів сірчистого ангідриду чотирьох марок мазуту і встановлено функціональну залежність показника емісії сірчистого ангідриду при спалюванні мазуту від його марки. (Рис. 1):

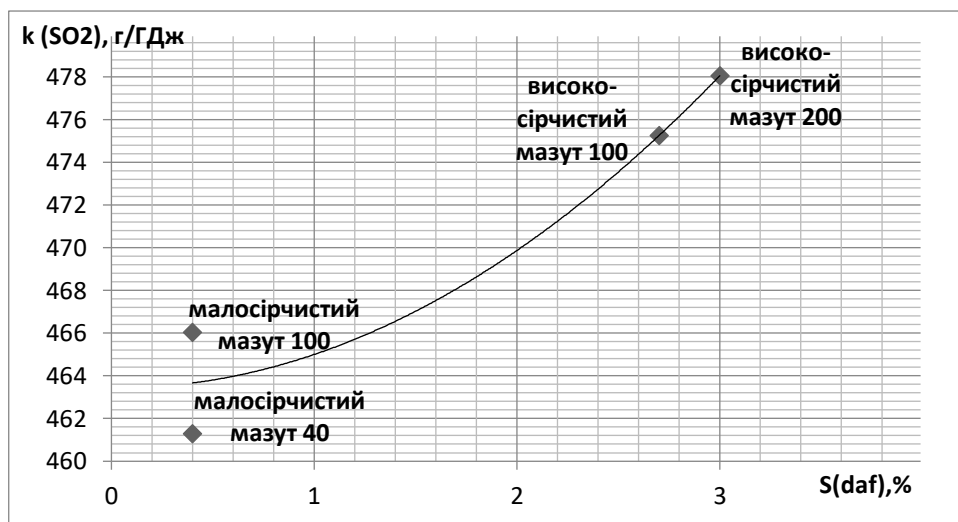


Рисунок 1 – Залежність показника емісії сірчистого ангідриду при спалюванні мазуту від марки мазуту

З графіку видно, що найбільш екологічно вигідним є малосірчистий мазут марки 40, оскільки показник емісії його сірчистого ангідриду найменший. І його варто рекомендувати операторам станцій [3].

Перелік посилань:

1. Національний план скорочення викидів від великих енергетичних установок, від 8 листопада 2017 року №796-р. Київ. Розпорядження, кабінет міністрів України. С.99
2. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) / Под ред. Н.В. Кузнецова, В.В. Митора, И.Е. Дубровского, Э.С. Карасиной. – М.: Энергия, 1973. – 295 с.
3. Питомі показники викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від основних виробництв промисловості та сільського господарства. – Київ: Мінекоресурсів України, 2001

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СІРКООЧИСНИХ УСТАНОВОК

Очисні споруди обов'язково потрібні будь-якому підприємству, щоб відходи від виробничих об'єктів не потрапляли в навколишнє середовище в своєму початковому вигляді. Викиди – речовини хімічного або біологічного походження, що є або надходять в атмосферне повітря і можуть прямо або опосередковано чинити негативний вплив на здоров'я людини та стан довкілля [1]. Щоб зменшити викиди в атмосферу у розвинених країнах повсякчасно встановлюються системи контролю викидів продуктів згорання, не дивлячись на велику вартість таких систем.

До основних видів сіркоочисних систем відносять [2]:

1. Мокре очищення – процес Велльмана-Лорда з використанням солей натрію
2. Сухе очищення – інжекція сухого сорбенту (DSI)
3. Напівсухе очищення – процес LIFAC як розвиток процесу DSI з розпилом крапель води
4. Каталітичне очищення від оксидів сірки і азоту (DESONOX, SNOX)

Розраховувався показник емісії викидів сірчистого ангідриду з врахуванням ефективності зв'язування сірки золою або сорбентом у енергетичній установці, ефективності очистки димових газів від оксидів сірки та коефіцієнту роботи сіркоочисної установки.

За отриманими даними під час розрахункових досліджень отримали графік залежності викидів сірки від ККД сіркоочисної установки.

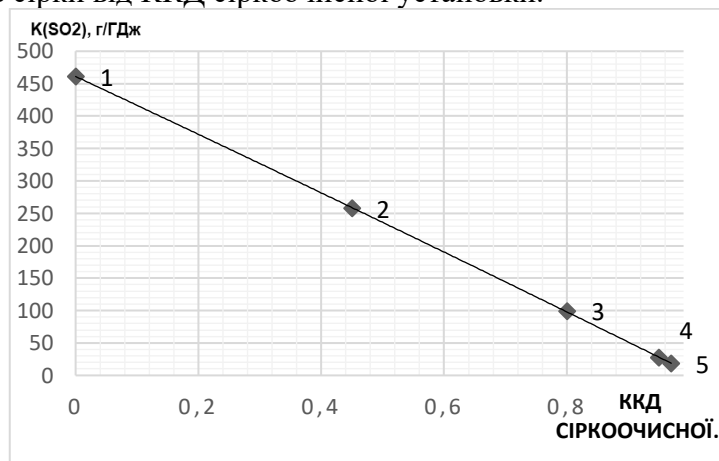


Рисунок 1 – Залежність викидів сірки від ККД сіркоочисної установки:

- 1 – Без очищення, 2 – Сухе очищення, 3 – Напівсухе очищення, 4 – Каталітичне очищення від оксидів сірки і азоту, 5 – Мокре очищення

Висновки. Отже, з усіх обраних видів сіркоочисних установок кращим виявився метод: мокре очищення – процес Велльмана-Лорда з використанням солей натрію. Сміливо можна сказати що встановивши такі установки сьогодні, ми покращимо життя в недалекому майбутньому, знизивши при цьому ризик захворювань спричинених шкідливими викидами сірки.

Перелік посилань:

1. Питомі показники викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від основних виробництв промисловості та сільського господарства.– Київ: Мінекоресурсів України, 2001.
2. The World Nuclear Industry Status Report 2009 by Mycle Schneider, independent consultant, Paris (France) and Antony Froggatt, independent consultant, London (UK), Kyiv: NECU, 2009. — (Translated and updated version, May 2009).

Студент 2 курсу, гр. ТС-81 Юрчук В.С.
Асист. Шелешей Т.В.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ СПАЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВУГІЛЛЯ В РІЗНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ НА ЕМІСІЮ ОКСИДІВ АЗОТУ

Забруднення навколишнього середовища в досить розвинених країнах світу є одним з найголовніших і найбільш актуальних питань нашого часу і це насправді потребує великої уваги зі сторони як громади, так і державних органів, зокрема велику увагу приділяють вивченню впливу на стан довкілля виробництво енергії [1].

Спаювання твердого та рідкого палива супроводжується виділенням сірчистого, вуглекислого і чадного газів, а також оксидів нітрогену, пилу, сажі та інших забруднюваних та небезпечних речовин.

Оксиди азоту шкідливо впливають на здоров'я людини, сприяють утворенню парникового ефекту та руйнуванню озонового шару. Крім того, оксиди азоту викликають «вимирання лісів», кислотні дощі й так далі.

Тому основним завданням даної роботи є встановлення кількості викидів оксидів азоту при спалюванні палива в різних установках.

За даними ГКД розраховано емісії викидів оксидів азоту при спалюванні вугілля в циркулюючому киплячому шарі, з рідким і твердим шлаковидаленням і в нерухомому шарі.

На рисунку 1 показано залежність емісії оксидів азоту при спалюванні вугілля в циркулюючому киплячому шарі, з рідким і твердим шлаковидаленням при факельному спалюванні і в нерухомому шарі.

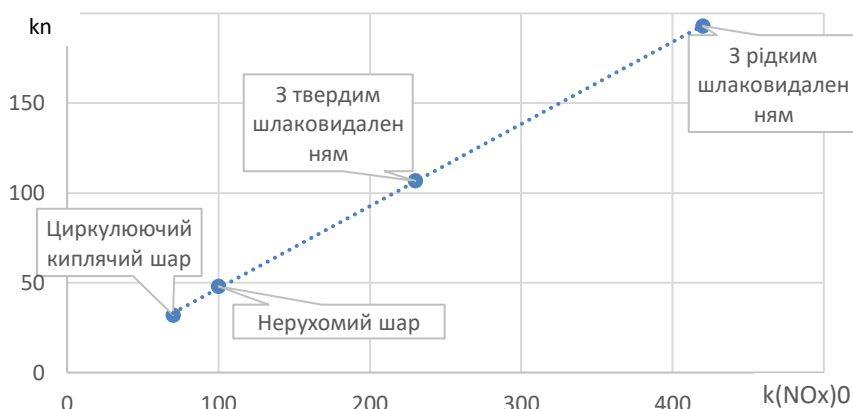


Рисунок 1 – Залежність емісії оксидів азоту при спалюванні вугілля в циркулюючому киплячому шарі, з рідким і твердим шлаковидаленням при факельному спалюванні і в нерухомому шарі

З графіка видно, що найоптимальнішою устаткою з точки зору екологічності являється циркулюючий киплячий шар, найгіршою установка з рідким шлаковидаленням при факельному спалюванні [2].

Перелік посилань:

1. Національний план скорочення викидів від великих енергетичних установок, від 8 листопада 2017 року №796-р. Київ. Розпорядження, кабінет міністрів України. С. 99
2. Шелешей Т.В. Зв'язок температури відхідних газів і шкідливих викидів в атмосферу під час спалювання різних видів палива. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І.Вернадського, серія «Технічні науки», 2019, том 30(69). – №6. С. 221–225

Магістрант 5 курсу, гр. ТС-91мн Носаль О.Ю.
Доц., к.т.н. Побіровський Ю.М.

ЗНИЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО ОПОРУ ТРУБОПРОВОДІВ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

Сучасні системи теплопостачання мають велику протяжність, в місті Києві довжина магістральних трубопроводів десь біля 900 км. Треба враховувати, що системи 2-х трубні - мають прямий і зворотний трубопроводи і щоб забезпечити необхідний гідравлічний режим роботи тепломережі необхідно мати достатню кількість підкачуючих насосних станцій. Це призводить до великих витрат в тепломережах як в обладнанні, так і в енергоносіях.

Витрати електроенергії на прокачку теплоносія в першу чергу визначаються напором та витратою теплоносія при інших рівних умовах. Кількість теплоносія визначається температурним графіком і видом регулювання. При визначенні напору насоса враховується гідравлічний опір трубопроводу, чим він менший, тим далі доставляється теплоносій. Це знижує кількість електроенергії на власні потреби тепломережи.

Сучасні рішення по зниженню гідравлічного опору зв'язані, в першу чергу з пониженням жорсткості поверхні труб. Так умовно можна класифікувати технології по зниженню гідравлічного опору, таким чином [1, 2]:

1. Обробка внутрішньої поверхні труби спеціальними покриттями, щоб понизити гідравлічний опір. Це гідрофобні плівки, кремній органічні состави.
2. Використання різних синтетичних і полімерних добавок, які вводяться в транспортуєчу рідину. Це можуть бути поверхнево-активні речовини, поліакриламід, поліетилен, полісахариди.
3. Вплив на прикордонний шар на поверхні електромагнітними, акустичними полями.
4. Використання труб (особливої конструкції) чи пристроїв, які забезпечують вихрову течію і знижують гідравлічний опір.

Найбільший інтерес представляє другий метод. Дослідження показують, що за рахунок добавляння в воду малих доз добавок можна знизити гідравлічний опір на 40–60%. При чому наявність добавок не дуже суттєво впливає на теплообмін в підігрівниках [2].

Розрахунки показали, що використання активованого теплоносія для проектованої ТЕЦ в Білорусії дозволяють знизити діаметр магістрального трубопроводу з 1400 мм до 1000 мм. Крім того, для дальнього теплопостачання оптимальна дальність може бути збільшена до 100 км (замість 50–70 км), що важливо для укрупнених великої потужності теплових джерел, таких як АЕС, АТЕЦ. Використання полімерних добавок дозволяє знизити витрати на перекачку теплоносія в середньому на 20%, крім того дослідження показують, що це знижує корозію труб, зменшує кавітаційні явища в насосах [2].

Висновки: Перспективним методом по зниженню гідравлічного опору трубопроводів тепломереж є введення в теплоносій в малій кількості добавок синтетичного або органічного походження. Це дозволяє зекономити до 20% витрат електроенергії на привід насосів для перекачування теплоносія.

Перелік посилань:

1. Лысенко В.С. Технология снижения гидравлических потерь в напорных трубопроводах // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – №3. – С. 59–61
2. Яковлев Б.В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения. М.. Новости теплоснабжения, 2008. – 448 с.

СЕКЦІЯ № 6

**Проблеми
теоретичної і
промислової
теплотехніки**

Мол. вчений Совінський М.В.
Доц., к.т.н. Соломаха А.С.

ВІДЦЕНТРОВІ ДИСТИЛЯТОРИ ДЛЯ КОНЦЕНТРУВАННЯ ТЕРМОЛАБІЛЬНИХ РОЗЧИНІВ

Більшість багатокомпонентних рідин (морська вода, соки, ліки і т.д.) містять в своєму складі термочутливі речовини, які в процесі випаровування (концентрування) під дією температури можуть розкладатися, що призводить до погіршення якості корисного продукту.

Ведення процесу концентрування в плівці розчину істотно покращує ситуацію. У плівкових апаратах досягаються високі швидкості руху тонкого шару рідкого оброблюваного продукту, що різко скорочує час його контакту з поверхнею теплообміну. Це дозволяє зберегти високу якість продукту, запобігти термічному розкладанню останнього та вести процес аж до отримання порошку.

Найбільш ефективним методом при концентруванні термочутливих рідин є випаровування в плівці на поверхні, що обертається [1, 2]. У порівнянні з іншими випарниками відцентрові дозволяють реалізувати процес при мінімальному термічному навантаженні та за максимально коротким проміжком часу.

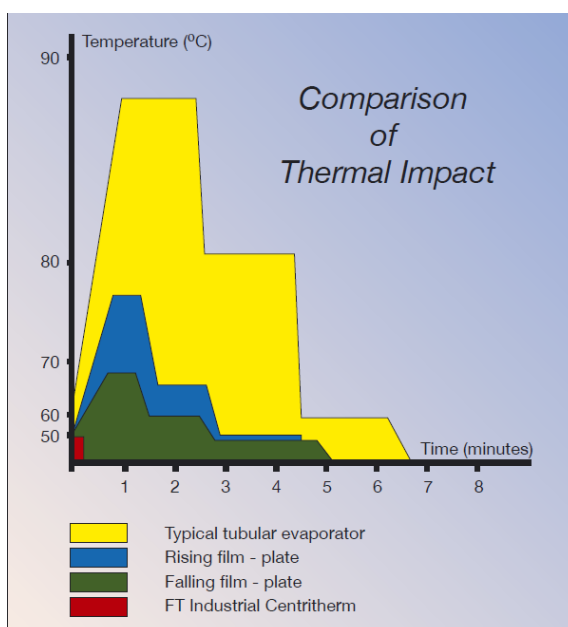


Рис.1 Порівняння термічного впливу для різних типів випарників

Рисунок ілюструє цю різницю теплового впливу між відцентровим апаратом та традиційними випарниками, де площа під графіком є мірою теплового впливу.

В роботі виконано огляд робіт по відцентровим випарникам та аналіз різних схем для концентрування термочутливих речовин. Показано переваги та недоліки різних варіантів.

Перелік посилань:

1. <http://flavourtech.com/>
2. V.G. Rifert, P.A. Barabash, A.S. Solomakha, V. Usenko, V.V. Sereda, V.G. Petrenko. Hydrodynamics and heat transfer in centrifugal film evaporator // Bulgarian Chemical Communications, Volume 50, Special Issue K. – 2018. – pp.49-57.

Аспірант Боянівський В.П.
Проф., д.т.н. Ріферт В.Г.

ВПЛИВ ТЕПЛООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ В ГОРИЗОНТАЛЬНО-ТРУБНИХ ВИПАРНИКАХ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕРМІЧНИХ ОПРІСНЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК

Плівкові трубчасті випарники використовуються багато років в термічних опріснювальних установках [1], системах кондиціонування [2], системах перетворення теплової енергії океану (ОТЕС) [3].

З метою зниження витрат енергії використовують кілька методів: багатоступінчате випаровування (MED), системи з термічним паровим компресором (TVC) і з механічним паровим компресором (MED+MVC). У MED коефіцієнт ефективності (COP) практично пропорційний кількості ступенів n .

У випарниках з MVC основні витрати енергії для відцентрового компресора складає ізотермічна робота W [4].

$$W = \frac{\frac{k}{k-1} \cdot p_1 \cdot v_1 \cdot \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]}{\eta_c} = \frac{h_2 - h_1}{\eta_c}, \quad (1)$$

де W – робота компресора, Дж/кг; p_1 – тиск на вході в компресор, Па; p_2 – тиск на виході з компресора, Па; v_1 – питомий об'єм пари на вході в компресор, м³/кг; k – ізотропна константа ($k=C_p/C_v=1,3$ – для пари); h_2 – питома ентальпія на виході з компресора, Дж/кг; h_1 – питома ентальпія на вході в компресор, Дж/кг; η_c – коефіцієнт корисної дії компресора ($\eta_c=0,85$).

У всіх 3-х системах дистиляції MED, MED+MVC і MED+TVC ефективність залежить від кількості ступенів і перепаду тиску в них. У першій ступені P_1 та останній P_n для MED і MED+MVC, а для MED+TVC ще і від тиску в ступені з якої пар надходить в компресор.

У доповіді дано аналіз чинників, що впливають на втрати тиску по ступеням і загальний перепад тиску в системі, поліпшення методів розрахунку процесів теплообміну при випаровуванні стікаючої плівки по горизонтальних трубах і конденсації всередині них.

Перелік посилань:

1. Fletcher L.S. Evaporation heat transfer coefficients for thin seawater films on horizontal tubes /L.S. Fletcher, V. Sernas, W.H. Parken/ Ind Eng Chem, Process Des Develop. – 1975. – 14. 411–416.
2. Mu X. Experimental study of falling film evaporation heat transfer coefficient on horizontal tube /X. Mu, S. Shen, Y. Yang, X. Liu/ Desalination and Water Treatment. – 2012. – 50(1-3). – 310–316.
3. Yao S.C. The modeling of thin film heat exchangers /S.C. Yao, A.W. Westerberg, N.N. Chao/ Carnegie-Mellon University. – DRC-06-9-79. – May – 1979.
4. Mirna R. Lubis, Performance Evaluation of An Innovative-Vapor- Compression-Desalination System /Lubis Mirna R., Holtzaple Mark T./ Aceb International Journal of Science and Technology, 1 (1): 1-13, April 2012

Аспірант Махров М.А.
Проф., д.т.н. Пуховий І.І.

ЗАХИСТ ВІКОН ВІД СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З ОТРИМАННЯМ ВОДИ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ В ГОТЕЛЯХ, САНАТОРІЯХ І ХОСТЕЛАХ

Вікна влітку пропускають велику кількість сонячної енергії в приміщення. Це викликає додаткові затрати енергії на охолодження повітря, шляхом кондиціонування. Відомо, що межею комфорту є температура 26 оС. Для зниження температури використовують кондиціонери, які на 10 м² оселі, потребують близько 0,3...0,5 кВт електричної потужності.

Основна кількість теплоти у приміщення, в теплий сезон, передається через вікна. Особливо страждають від перегрівання приміщення з вікнами на південно-західних та західних фасадах, коли Сонце опускається нижче, а атмосферне повітря вже прогріте.

Нами проведені розрахунки балансів отриманої гарячої води та її використання в закладах для колективного проживання людей. Ці заклади відрізняються кількістю осіб, що проживають в номерах. Ми прийняли, що на 10 м² площі вікон, в сучасних готелях ця величина складає 0,5 особи, в санаторіях переважно 1-2 особи (для розрахунку взято 1,5) і в костелах та гуртожитках 4-8 осіб. (для розрахунку - 6).

Експериментально встановлено, що з 1 м² абсорбера системи захисту від перегріву влітку, можливо отримати біля 40 кг гарячої води з температурою біля 50 оС.

В готельних номерах з ванною отримаємо 80 кг води на персону, чого вистачає для прийняття ванни 2 рази в день, як мешканцям освітлених, так і неосвітлених сонцем кімнатах.

Для санаторіїв та готельних номерів з душовими кімнатами, де приймають душ 2 рази в день, для 1,5 особи потрібно 50 кг води в день. З 10 м² вікна отримується 400 кг води. Її достатньо, як для південно, так і для північно орієнтованих кімнат.

В костелах та гуртожитках, в середньому, приймають душ 1 раз на добу. Для шести персон потрібно 300 кг гарячої води. Так, як з 10 м² виробляється 400 кг, то цієї води вистачить лише на мешканців південних кімнат, або для всіх жителів хостелу при обмеженні витрати води на душ до 25-30 літрів на гостя.

Аспірант Місюра Т.О.
Проф., д.т.н. Безродний М.К.

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДТРИМАННЯ КОМФОРТНИХ УМОВ У ВИРОБНИЧОМУ ПРИМІЩЕННІ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕПЛОНАСОСНОЇ СИСТЕМИ ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ

На даний момент проектування теплонасосних установок (ТНУ) є більш складним процесом, ніж простий підбір теплового насоса (ТН) необхідної теплової потужності для забезпечення потреб теплопостачання. Під час проектування ТНУ враховується ряд чинників, направлених для знаходження шляхів підвищення ефективності використання ТН та зменшення використання енергії в цілому.

Найбільш перспективним з точки зору енергоефективності напрямком застосування ТНУ є їх використання в системах вентиляції і повітряного опалення об'єктів з великими об'ємами приміщень [1]. Впровадження ТН у такі системи значно підвищує їх енергоефективність за рахунок використання теплоти скидного повітря для підігріву суміші припливного повітря [2]. Метою дослідження є аналіз енергоефективності ТНУ вентиляції та повітряного опалення зі змінною частковою рециркуляцією відпрацьованого повітря в залежності від параметрів зовнішнього повітря для підтримання комфортних умов у виробничому приміщенні з надлишковим вологовиділенням у холодний період року (рис. 1).

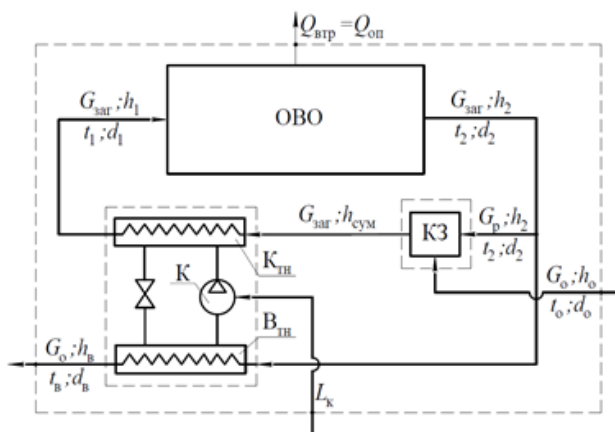


Рис. 1. Принципова ТНУ вентиляції та повітряного опалення з частковою рециркуляцією відпрацьованого повітря: К_{тн} – конденсатор ТН; В_{тн} – випарник ТН; К – компресор; КЗ – камера змішування; ОВО – об'єкт вентиляції та повітряного опалення.

Показано, що необхідний для опалення додатковий підігрів припливного повітря може бути визначений через простий коефіцієнт пропорційності до перепаду температур всередині і ззовні приміщення, значення якого визначається характеристиками приміщення і кратністю повітрообміну. Отримані розрахункові величини питомих затрат зовнішньої енергії в даній системі, які характеризують енергетичну ефективність її роботи в залежності від параметрів навколишнього середовища. Дана ТНУ характеризується високою енергетичною ефективністю в широкому діапазоні як параметрів зовнішнього повітря, так і параметрів об'єкта теплопостачання (коефіцієнт K), що пов'язано з вигідними температурними умовами роботи ТН, які забезпечують високі значення коефіцієнта трансформації, а також з утилізацією теплоти відпрацьованого вентиляційного повітря за рахунок часткової рециркуляції.

Перелік посилань:

1. Хрусталеv Б. М. Теплоснабжение и вентиляция. – М.: Изд-во АСВ, 2007. – 784 с.
2. Безродний М. К., Притула Н. О., Цветкова М. О. Термодинамічний аналіз теплонасосної системи вентиляції для підтримання комфортних умов в виробничих приміщеннях з вологовиділенням // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ": зб. наук. пр. Сер.: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків: НТУ "ХПІ", 2018. – № 13. – С. 77-82.

Аспірант Ословський С.О.
Проф., д.т.н. Безродний М.К.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СХЕМИ ОПАЛЕННЯ НА БАЗІ ҐРУНТОВОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОТИ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ВИКИДІВ ТА СТІЧНИХ ВОД

Зі зростанням вимог до будівельних послуг та теплового комфорту в приміщенні системи опалення, вентиляція та кондиціонування (ОВК) споживають майже половину енергії, що генерується в світі [1]. З іншого боку, все більш серйозний вплив глобального потепління та енергетичного дефіциту змусили невідкладно досліджувати ефективність та раціоналізацію використання альтернативних джерел енергії в будівництві, особливо для систем ОВК [2]. Серед багатьох форм відновлюваної енергії (сонячної енергії, енергії вітру, енергії припливів, біоенергетики та гідроенергетики тощо) тепла енергія ґрунту ідеально підходить для прямого використання, завдяки постійній температурі джерела теплоти та загальній доступності.

За період з 2010 по 2018 роки системи ґрунтових теплових насосів спостерігали приріст розповсюдження на 52% у всьому світі, а до кінця 2018 року широко розвивались у 48 країнах світу [3]. Але однією з головних проблем широкого використання таких систем все ж є висока вартість інсталяції (буріння свердловини, підготовка земельної ділянки, влаштування земляних зондів тощо). Виходячи з цього, було розроблено принципову схему опалення та вентиляції на базі ґрунтового теплового насосу з використанням теплоти вентиляційних викидів та стічних вод будинку.

Аналіз запропонованої схеми був проведений з використанням чисельного методу. Розроблено алгоритм розрахунку на базі балансових рівнянь схеми, з яких було визначено основні величини, що впливають на ефективність роботи. На базі проведених розрахунків було побудовано графічні залежності визначальних величин від зовнішніх факторів.

В результаті аналізу було зроблено наступні висновки:

1. Додаткове використання теплоти стічних вод будинку та вентиляційних викидів в цілому має значний позитивний ефект на експлуатаційні характеристики системи.
2. Використання рекуперації вентиляційних викидів знижує не тільки затрати зовнішньої енергії на виробництво теплоти, але і знижує капітальні затрати на спорудження ґрунтового теплообмінника теплового насосу.
3. Застосування теплообмінника-утилізатора теплоти стічних вод практично не впливає на оптимум швидкості в нижньому контурі та експлуатаційні витрати, але за розрахункових умов навколишнього повітря утилізації такої теплоти дає можливість зменшити потужність ґрунтового теплообмінника, і, як наслідок, його розміри і затрати на його спорудження.

Перелік посилань:

1. L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, C. Pout, A review on buildings energy consumption information, *Energy and Buildings*, 40 (3) (2008), pp. 394-398.
2. A.M. Omer, *Energy, environment and sustainable development, Renew Sust Energy Rev*, 12 (9) (2008), pp. 2265-2300.
3. J.W. Lund, T.L. Boyd, *Direct utilization of geothermal energy 2015 worldwide review, Geothermics*, 60 (2016), pp. 66-93.

Аспірант Петречук А.Л.
Проф., д.т.н. Пуховий І.І.

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ПОВНОГО ПЛАВЛЕННЯ НЕВЕЛИКИХ ОБ'ЄМІВ ЛЬОДУ ПРИ ЙОГО ЗБЕРІГАННІ В ГРУНТОВОМУ АКУМУЛЯТОРІ

В фермерських господарствах можливо охолоджувати молоко з використанням холоду з заготовленого взимку льоду. При цьому зростає вартість молока, яке буде мати понижену кислотність.

Відомі акумулятори наземного типу, які вкривають теплоізоляцією, або розташовують в теплоізолюваному приміщенні. Холод в таких акумуляторах розсіюється у повітрі. При підземному зберіганні льоду холод акумулюється в масив ґрунту, що оточує оболонку акумулятора. Після танення льоду холод з оточуючого ґрунту проникатиме в об'єм акумулятора, заповненого талою водою, і охолоджуватиме її для практичного використання.

Ми провели розрахунки підземного зберігання льоду з визначенням часу повного його танення. Розглядалися циліндричні акумулятори діаметром 1,5, 2, 3 та 4 м. Прийнята маса льоду 20 тон, яка відповідає річному виробництву льоду при використанні теплоти кристалізації в теплових насосах для котеджу площею 100 м² розташованого на сході України [1]. Прийнято, що весь лід загрузають в акумулятор одночасно. Теплота плавлення льоду 334 кДж/кг. В зв'язку з невизначеністю складу ґрунту прийнято умовний коефіцієнт теплопередачі $K=5$ Вт/(м²*К) [2]. Температура льоду з водою є 0 °С, а температура ґрунту - для глибокого акумулятора і, в середньому, 12 °С для акумуляторів глибиною до 3 м, де впливає температура атмосфери.

Час плавлення льоду t знайдений із залежності

$$Q/t = KF(T_{гр} - T_{пл}),$$

де Q - енергія для плавлення всієї маси льоду -1850 кВт*год (6680 млн Дж);

t - час в секундах;

K - умовний коефіцієнт теплопередачі через огорожі акумулятора;

F - поверхня контакту акумулятора з ґрунтом.

Розрахунки показали, що глибина акумулятора для указаних вище діаметрів складає відповідно, 10, 7, 2.8 і 1.6 м, тобто зменшується зі зростанням діаметра, а час повного танення лежить в межах 860 - 950 годин (до 40 діб).

Перелік посилань:

1. Пуховий І.І., Безродний М.К., Мхитарян Н.М., Екдря С.О. Економія природного газу при заміні котлів тепловими насосами та використання теплоти кристалізації води, як альтернативи теплоті ґрунту. Відновлювальна енергетика. – 2006. - №1. с.15-19
2. Пуховий І.І., Денисова А.Є. Аналіз підігрівання повітря взимку в ґрунтових теплообмінниках і в водоймах при замерзанні води на занурених трубах//Наукові вісті НТУУ КПІ, 2018.- №6.- С.25-31

Магістрант 6 курсу, гр. ТП-81мн Вовченко Д.І.
Ст. викл., к.т.н. Романова К.О.
Проф., д.т.н. Варламов Г.Б.

ПЕРЕВАГИ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИВАТНИХ БУДІВЕЛЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ВОДНЕВОГО ПАЛИВА

Однією з головних завдань сучасної енергетики є необхідність застосування високоефективних та екологічно безпечних технологій тепловиробництва. Контактні теплогенератори здатні забезпечити ці високі показники [1] оскільки дозволяють застосовувати водень H_2 у якості палива, для спалювання якого необхідно враховувати його властивості у порівнянні із природним газом: у продуктах згоряння відсутні оксид вуглецю CO і радикали $СНх$, які є екологічними забруднювачами атмосферного повітря, теплота згоряння H_2 майже в три рази більше, H_2 має найвищу теплоту згоряння на одиницю маси, широкий діапазон займання та високу температуру згоряння.

Проведені дослідження на математичній моделі за допомогою програмного середовища SolidWorks з оптимізації аеродинамічних та теплових процесів в топковій камері контактного теплогенератора типу [2], під час яких варіювалися: радіаційний тепловий потік до внутрішньої стінки камери згоряння; конвективний тепловий потік на контактній насадці від продуктів згоряння, витрата води, температура і швидкість продуктів згоряння на виході із теплогенератора. За результатами досліджень визначені нові конструктивні рішення та створено новий теплогенератор водневий активний контактного типу ТВАК, для якого розроблено спеціальний пальниковий пристрій [3].

Технології і обладнання для виробництва водню H_2 постійно вдосконалюються із постійним зниженням питомих енерговитрат на його генерування. Група вчених з Південної Кореї у Інституті науки і технологій Тэгу-Кенбук створила новий тип багаточарового фотоелектрода, що дозволяє за допомогою сонячного світла [4]. Сучасні методи виробництва водню H_2 здатні створити не тільки нові форми енергогенерування у системах тепловиробництва, а й розкривати нові горизонти новим технологіям.

Розроблений теплогенератор ТВАК [5] має високу теплову ефективність (ККД досягає 106% в перерахунку на нижчу теплоту згоряння), низьку питому металоємність (менше 2 кг ваги на кВт виробленої теплоти), здатен виробляти додаткову технічно чисту воду H_2O , яку можливо знову розщеплювати для отримання водню H_2 .

Перелік посилань:

- 1.G. Varlamov, K. Romanova, O. Daschenko, M. Ocheretyanko, S. Kasyanchuk. The use of contact heat generators of the new generation for heat production// Eastern-European journal of enterprise technologies №6 (2016)– p.52 -59.
- 2.Варламов Г.Б., Вовченко Д.И. Влияние конструктивных элементов на улучшение аэродинамических и тепловых характеристик контактного теплогенератора. VII Международная научно–практическая конференция на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения». Астана, Республика Казахстан; 15.03.2019.с. 405-409.
- 3.Варламов Г.Б., Варламов Д.Г., Романова К.О. та ін. Спосіб мікрофакельного спалювання водневого палива. Патент України № 116540, 25.05.2017 р., бюл. № 10.
- 4.<https://eenergy.media/2019/01/20/vodorodnaya-ekonomika-budet-postroena-v-yuzhnoj-koree/>
- 5.Вовченко Д.І., Цзе Ші., Варламов Г.Б. Особливості застосування водневого палива у контактному теплогенераторі / XVII міжнародна науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики». КПІ ім. Ігоря Сікорського, м.Київ; 23.04.2019. с.285.

Магістрант 6 курсу, гр. ТП-81мп Лемещенко Р.М.
Доц., к.т.н. Барабаш П.О.

СТІЧНІ ВОДИ У СИСТЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Стічні води відносяться до категорії низькотемпературної скидної теплоти разом з такими джерелами теплоти, як вентиляційні викиди та охолоджуюча вода технологічного та енергетичного обладнання підприємств, промислові та комунально-побутові стоки.

Різниця температур таких стоків складає не більше 5 °С, тому доцільно використовувати теплові насоси (рис.1).

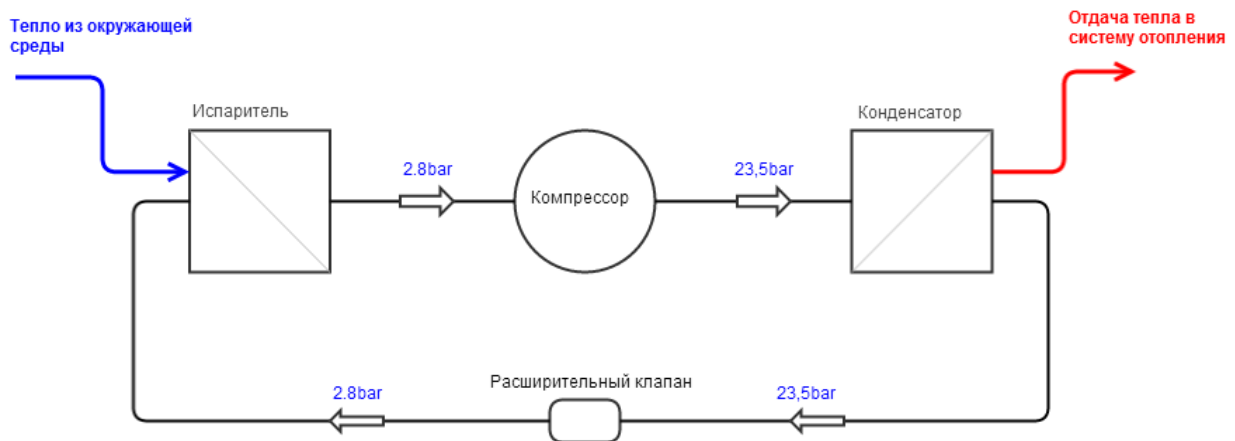


Рис. 1. Тепловий насос в системі утилізації тепла стічних вод

Потужні теплонасосні станції теплопостачання можуть розміщатися біля відвідних каналів очищених комунально-побутових вод. Можливим є створення окремих теплонасосних установок для утилізації теплоти умовно чистих стоків басейнів, спортивних комплексів, пральних комбінатів та інших об'єктів побутового і промислового призначення.

В Україні загальний річний об'єм комунально-побутових стоків становить близько 3740 млн. м³. Температура стоків становить 15–25 °С залежно від сезону [1].

В Україні каналізаційні системи централізованого відведення комунально-побутових стоків функціонують в 427 містах, 515 селищах міського типу, 856 селах. Питомий обсяг комунально-побутових стоків становить 0,15–0,4 м³ на одного жителя за добу. Цей показник значною мірою залежить від доступності води та соціально-економічних умов в окремих регіонах.

Теоретичні ресурси низькотемпературної теплової енергії стічних вод розраховуються, виходячи з загального обсягу каналізаційних стоків відповідної області. Технічно доступні ресурси розраховуються, виходячи з загального обсягу очищених каналізаційних стоків лише від міських поселень. Економічно-доцільні обсяги використання низькотемпературної теплової енергії стічних вод розраховуються, виходячи з половини обсягу очищених стоків від міських поселень відповідної області (враховуються обмеження, пов'язані з нерівномірністю надходження стоків).

Перелік посилань:

1. Використання стічних вод у сільському господарстві (uhbdr.org > news > agro-news > 1166-vikoristannya-stichnikh). Вікіпедія (про стічні води)

Магістрант 6 курсу, гр. ТП-82мн Лю Я..
Доц., к.т.н. Барабаш П.О.

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ

На сьогодні переважна більшість двигунів автомобільного транспорту це двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ), досвід удосконалення яких налічує більше ста років.

Фахівці прогнозують, що до 2040-2050 років ДВЗ буде залишатись основним двигуном для автомобілів і споживачем нафтових моторних палив [1, 2].

Водночас, скорочення запасів нафти, підвищення її ціни, прогресуюче забруднення довкілля відпрацьованими газами ДВЗ, зростаюча залежність багатьох країн від імпорту цієї сировини, прискорення глобального потепління – ось чинники які спонукають пошук нетрадиційних моторних палив і відновлюваних джерел енергії для автомобілів. В якості таких на сьогодні, перш за все, розглядається стиснений природний газ (СПГ).

Природний газ має більш високу масову теплоту згоряння (50 МДж/кг) порівняно з бензином (44 ДМж/кг). Але, у зв'язку з меншою густиною теплота згоряння стехіометричної суміші (метан + повітря) менша порівняно з бензоповітряною сумішшю.

При використанні бензинів, октанове число яких не перевищує 94 пунктів, граничне значення ступеня стиснення в карбюраторних двигунах $\epsilon \leq 10$. (У двигунах на СПГ $\epsilon \geq 14 \dots 16$). При роботі двигуна на СПГ оптимальні значення коефіцієнта надлишку повітря зміщуються в сторону бідних сумішей і знаходяться в межах $\alpha = 1,2 \dots 1,6$.

Під час роботи ДВЗ на бензині максимум потужності двигуна спостерігається при $\alpha = 0,87 \dots 0,9$, а максимальна економічність – при $\alpha = 1,1$. Збіднити бензоповітряну суміш можна до $\alpha = 1,15$ але не більше, тому що на збіднених сумішах двигун починає працювати нестійко. Через це отримати великий вигравш в паливній економічності двигуна при роботі на бензині практично неможливо. При роботі ДВЗ на природному газі вдається збіднити паливну суміш з $\alpha = 1,7$ до $\alpha = 2,1 \dots 2,2$ [3].

Але, у разі конвертації сучасних автомобільних бензинових двигунів для роботи на СПГ, коли ДВЗ стає двопаливним і може працювати або на бензині або на газі, неможливо використати високі енергетичні властивості СПГ. Через значний парціальний об'єм природного газу у складі газоповітряної суміші, в циліндри двигуна надходить менше повітря і зменшується на (13...18)% масовий енергетичний заряд газу порівняно з бензиновим режимом роботи ДВЗ. При цьому, за газового режиму, пропорційно знижується потужність переобладнаного двигуна.

Висока детонаційна стійкість природного газу дозволяє використовувати його як високооктанову добавку до нафтових бензинів для підвищення їх октанового числа.

Перелік посилань:

1 Стативко В. Л. Формирование российского рынка альтернативных видов моторных топлив /В. Л. Стативко, А. В. Строганов //Газовая промышленность. – 2007. – №4. – С. 17–19.

2 Драгомиров С. Г. Основные тенденции развития двигателей легковых автомобилей за последнее десятилетие (1996-2005 годы) / С. Г. Драгомиров, М. С. Драгомиров // Двигателестроение. – 2007. - №1. с. 21-25.

3 Барский И. А. Повышение экономичности газового двигателя с искровым зажиганием на частичных нагрузках / И. А. Барский, П.Р. Вальехо Мальдонадо // Автомобильная промышленность. – 2008.- №9. с. 10-11.

Магістрант 6 курсу, гр. ТП-81м Майстренко О.О.
Проф., д.т.н. Безродний М.К.

АНАЛІЗ РЕАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОАСОСНО-АДСОРБЦІЙНОЇ СХЕМИ КОНСЕРВУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Текст Захист металевих конструкцій від корозії- актуальна проблема сучасного енергетичного обладнання. Оскільки основним каталізатором корозії є волога повітря, то для збереження енергетичного обладнання від корозії необхідно підтримувати низьку відносну вологість повітря, яке контактує з металевими поверхнями.

Найкращим методом, для підтримання низької відносної вологості повітря є використання адсорбційних осушувачів повітря [1,2]. Однак дане обладнання є енергоємним, оскільки в системі присутній електричний нагрівач для підігріву повітря регенерації

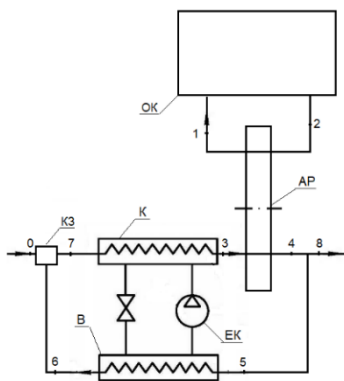


Рис.1 Схема консервування енергетичного обладнання.

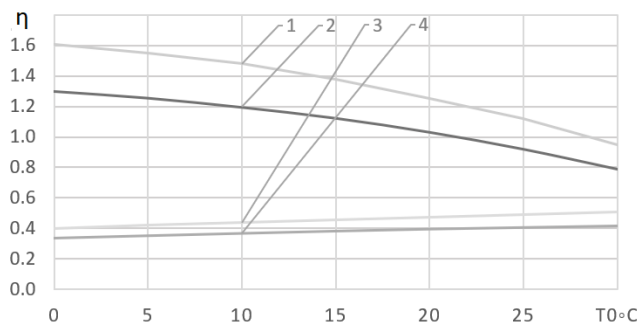


Рис.2 Графік залежності максимальних реальних коефіцієнтів ефективності системи.
1, 2- Максимальна ефективність системи при товщині ротора 200 мм та 100мм;
3,4-Максимальна ефективність базової системи при товщині ротора 200 мм та 100мм.

використанні теплонасосно-адсорбційної схеми менші в 2-4 рази в порівнянні з базовою схемою з електричним нагрівачем.

Перелік посилань:

1. Безродний М.К., Майстренко О.О., Шаповал Б.А. Консервування енергетичного обладнання методом продувки сухим повітрям- Енергетика та електрифікація, 2018.-с.4-6.
2. Безродний М. К. Ефективність теплонасосно-адсорбційної системи консервування енергетичного обладнання / М. К. Безродний, О. О. Майстренко. // Енергетика: економіка, технології, екологія.. – 2019. – №2. – С. 49–58.

Магістрант 6 курсу, гр. ТП-81мн Мухін М.С.
Ст. викладач, к.т.н. Романова К.О.,
Проф., д.т.н. Варламов Г.Б.

ЗАСТОСУВАННЯ УНІКАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МТС-ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПАЛЬНИКОВОЇ СИСТЕМИ КОТЛА КВГМ-20

Котел водогрійний газомазутний КВГМ-20 теплопродуктивністю 20 Гкал/год, має топкову камеру з горизонтальним потоком топкових газів і конвективну шахту, обладнаний штатним газомазутним пальником РГМГ-20 (рис. 1) продуктивністю 2560 $\text{нм}^3/\text{год}$ газу, який встановлений на повітряному коробі котла і кріпиться на фронтальному екрані до вертикальних колекторів, має застарілу конструкцію, що утворює ряд недоліків, а саме: знижений коефіцієнт корисної дії котельного агрегату (нижче 90%); робота котла з підвищеними надлишками повітря ($\alpha=1,4\dots 1,5$) призводить до значної емісії NO_x та CO понад дозволені нормативи.



Рис. 1 Штатний пальник РГМГ-20

З метою покращення енерго-екологічних показників експлуатації котла запропонована модернізація пальникової системи встановленням мікрофакельного газового пальника [1] нового покоління (рис.2), який дозволяє здійснювати комплексні заходи щодо зниження емісії NO_x та CO , усунути недоліки штатного пальника типу РГМГ за рахунок прямоочності руху газоповітряної суміші, комбінованого сумішоутворення, стадійності і мікрофакельності спалювання, високій турбулізації і внутрішній рециркуляції потоків. Конструктивно новий пальник встановлюється в існуючу амбразуру котла без її зміни та без змін поверхонь нагріву у топці котла.



Рис. 2 Мікрофакельний пальник

Конструкція пальника нового типу мікрофакельного пальника забезпечує гомогенізацію (однорідність концентрації) газоповітряної суміші, малий аеродинамічний опір, горіння близьке до стехіометричного ($\alpha=1,03\dots 1,04$) та дозволяє суттєво знизити емісію NO_x з підвищенням ефективності спалювання палива та теплопередачі від факелу до поверхонь нагріву в топковому об'ємі за рахунок досягнення високого рівня рівномірності температурного поля в топці. Мікрофакельний пальник має широкий спектр регулювання потужності (5...100%) при незмінно високому рівні екологічності спалювання газу ($\text{NO}_x \leq 90 \text{ мг/м}^3$, $\text{CO} \leq 50 \text{ мг/м}^3$) [2], дозволяє підвищити ККД котла на 3,5...4,0% та проведення модернізації пальникової системи швидко і маловитратно за рахунок використання доступних матеріалів і не складних технологічних операцій.

Перелік посилань:

1. Варламов Г.Б., Приймак К.О., Позняков П.О., Оліневич Н.В. Низькоемісійний газовий пальник трубчастого типу з направленим повітряним потоком. Патент України на винахід, № 98095, 10.04.2012 р., бюл. № 7, 3 стор.
2. Любчик Г.М., Марченко Г.С., Варламов Г.Б., Мікулін Г.О., Макаренко В.В., Левчук С.О. Емісійні характеристики пальників на базі трубчастих модулів // Екотехнологии и ресурсосбережение.–2004.–№1.–С. 73-79.

Магістрант 2 курсу, гр.. ТП-81мн Опанасюк І.Ю., доц.,к.т.н. Притула Н.О.
Проф., д.т.н. Безродний М.К.

КОМБІНОВАНА ТЕПЛОНАСОСНА СИСТЕМА ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ З ЗАСОБАМИ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ВИКИДІВ

За останні роки в Україні гостро постає проблема наростаючого дефіциту природних енергоресурсів, як результат, ціни на них нестримно зростають, тому впровадження енергозберігаючих технологій набуває все більшої актуальності [1-2]. Одним із прикладів даних технологій є теплові насоси (ТН), які є екологічно чистими, зручними в експлуатації, універсальними по виду низькопотенційного джерела і рівню виробленої потужності, повністю автоматизованими. Найуніверсальнішим нижнім джерелом теплоти для ТН є повітря. Воно загальнодоступне та при використанні не потребує витрати коштів для видобування. Однак використання даного типу джерела теплоти в ТН при низьких температурах атмосферного повітря малоефективне чи практично неможливе. Зазвичай використовують ТН в поєднанні з заходами та технологіями для підвищення ефективності всієї системи теплопостачання, що дозволяє нівелювати негативний вплив низьких температурних режимів повітря [2]. Метою даного дослідження є пошук шляхів підвищення енергетичної ефективності роботи комбінованої теплонасосної системи (ТНС) повітряного опалення та вентиляції будівель шляхом комбінації ТН та засобів раціонального використання теплоти відпрацьованого вентиляційного повітря.

Проведено термодинамічний та числовий аналіз комбінованої ТНС [3] повітряного опалення та вентиляції з рекуператором теплоти та рециркуляцією відпрацьованого повітря з врахуванням особливостей об'єкта теплопостачання, типу будівлі, кратності повітрообміну, що визначають співвідношення витрат теплоти на опалення і вентиляцію і відповідно, підігрів припливного повітря. На підставі аналітичного аналізу системи було отримано комплекс рівнянь, які описують термодинамічний стан ТНС та питомі затрати зовнішньої енергії на опалення і вентиляцію. При розрахунку температурного режиму роботи ТНС повітряного опалення і вентиляції особливості об'єкту теплопостачання можуть бути легко враховані введенням простого коефіцієнта пропорційності між перепадом температур повітря на вході і виході з приміщення і різницею температур всередині і зовні приміщення, що являє собою відношення витрат теплоти на опалення і вентиляцію. Не зважаючи на пониження енергетичної ефективності ТНС повітряного опалення і вентиляції з утилізацією відпрацьованого вентиляційного повітря зі збільшенням відносних витрат теплоти на опалення в порівнянні з витратами теплоти на вентиляцію, питомі затрати зовнішньої енергії на одиницю продукуючої теплоти на вході в приміщення залишаються на низькому рівні навіть при низьких температурах зовнішнього атмосферного повітря. В зв'язку з цим розглянута ТНС може бути рекомендована як альтернативна система теплопостачання великих об'єктів.

Перелік посилань:

1. Эволюция тепловых насосов. Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы», № 9, сентябрь, 2012.
2. Горшков В.Г. Тепловые насосы. Аналитический обзор / В.Г. Горшков // Справочник про- мышленного оборудования. -2004. - №2. - С. 47-80.
3. Безродний М.К. Термодинамічна ефективність теплонасосних систем повітряного опалення та вентиляції з рекуператором теплоти та рециркуляцією відпрацьованого повітря / М.К. Безродний, Н.О. Притула, І.Ю Опанасюк // Наукові вісті КПІ – 2019. – № 3. – С.7-15.

Магістрант 6 курсу, гр. ТП-81мн Панченко О.О.
Доц., к.т.н. Барабаш П.О.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОМАСООБМІНУ У ВЕРТИКАЛЬНОМУ ТРУБНОМУ ПЛІВКОВОМУ КОНТАКТНОМУ АПАРАТІ

В даний час відомі загальні методи розрахунку процесів тепло і масообміну в контактних апаратах різних типів. Проте, кожен тип газорідинної системи характеризується своїми фізичними особливостями протікання тепломасообмінних процесів і подальше вивчення цих процесів стосовно окремих двофазних систем і систематизація відповідних результатів досліджень безсумнівно є актуальним завданням [1].

Для проведення дослідів був використаний стенд, схема якого зображена на рис.1 Основними елементами стенда є контактний апарат, що складається з теплообмінної труби 1, збірника 2, циркуляційного насосу 3, підігрівача води 4, зрошувача 5, конденсатора 6, мірника конденсату 7 і повітродувки 8.

Схема контактного апарату протитокова. Рідина, що випаровується, зі збірника 2 насосом 3 подається в підігрівач 4. Після підігріву рідини до заданої температури, вона надходить до зрошувача 5, який генерує на внутрішній поверхні труби 1 плівку рідини, що стікає в збірник 2. Повітродувка 8 нагнітає повітря в збірник 2, звідки воно надходить в трубу 1, де підвищує свій вологовміст при контакті з плівкою підігрітої рідини, яка стікає по внутрішній поверхні труби 1.

Пароповітряна суміш, що утворилася, надходить в поверхневий конденсатор 6, в якому знижується вологовміст парогазової суміші, після чого вона вентилятором 8 знову подається через повітряний ротаметр 11 до збірника 2. Утворений конденсат відводиться в збірник 2, після вимірювання його обсягу в мірнику 7. Витрата рідини на вході в зрошувач вимірюється ротаметром 10, а її температура ХК термомпарою. Для визначення інтенсивності обмінних процесів при контакті плівки рідини з пароповітряним потоком над її поверхнею, вимірюється температура пароповітряного потоку по сухому (Т1) і мокрому термометрах (Т2) на вході в збірник 2 і на виході з контактного

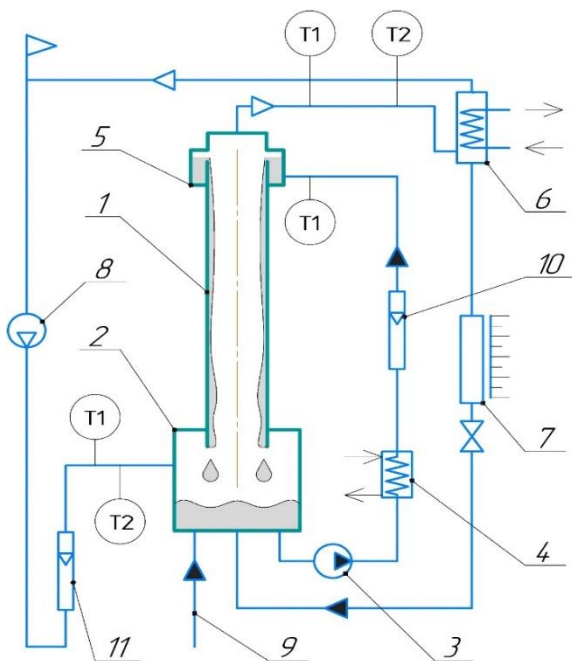


Рис. 1 Принципова схема стенду апарату.

Отримані результати досліджень добре корелюються з даними інших авторів.

Перелік посилань:

1. Безродный М.К., Барабаш П.А., Голяд Н.Н. Гидродинамика и контактный теплообмен в газожидкостных системах. Киев: КПИ им. Игора Сикорского, Изд-во «Политехника», 2011.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОФАКЕЛЬНИХ ПАЛЬНИКІВ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ГАЗО-МАЗУТНИХ ПАЛЬНИКОВИХ СИСТЕМ КОТЛІВ

Модернізацію паливкової системи для котла ПТВМ-180 здійснено заміною штатних пальників типу РГМГ-9 на мікрофакельні газо-мазутні пальники типу МГМП-9 [1] тепловою потужністю 9 Гкал*год, які мають переваги при застосуванні у енергетичних котлах [2] за рахунок більш якісного сумішоутворення, зменшення довжини факелів спалювання газу та мазуту, створення більш рівномірного температурного об'єму та нагріву екранних поверхонь котла у топці, що створює умови для збільшення терміну їх експлуатації, підвищення ККД та екологічної чистоти процесів спалювання із зменшенням концентрації оксидів азоту NO_x та оксиду вуглецю CO , а менший аеродинамічний опір пальника дозволяє знизити потужність вентилятора та енерговитрати на його привід.

Загальний вигляд пальника типу МГМП-9 та конструктивні розміри монтажу його у амбразуру котла ПТВМ-180 наведено на рисунку..

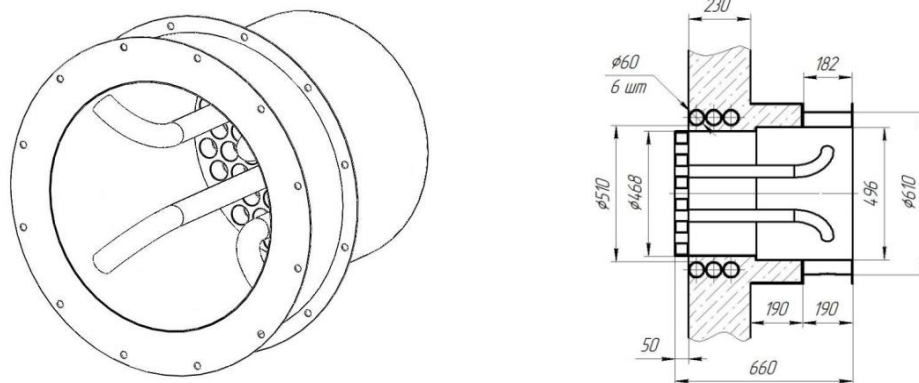


Рис. Загальний вигляд пальника типу МГМП-9 та монтажні розміри пальника у амбразурі котла

Загальні висновки:

1. Мікрофакельні газо-мазутні пальники повною мірою задовольняють сучасним світовим вимогам по ефективності і екологічній безпеці і можуть бути застосовані для модернізації паливних систем широкого призначення.
2. Пальник типу МГМП-9 простий у проектуванні, виробництві, монтажу та налагоджувані у енергетичних котлах, має набагато меншу вагу (56 кг) у порівнянні із штатним РГМГ-9 (понад 150 кг).
3. Заміна штатних пальників на пальники типу МГМП не потребує зміни конфігурації амбразури, поверхонь нагріву, топки котла, спеціального обслуговування та дозволяє реалізувати широкий діапазон навантаження котла від 5 до 120%.

Перелік посилань:

1. Варламов Г.Б., Родинков С.Ф., Приймак К.О., Олинович Н.В., Варламов Д.Г. Многокамерная газовая горелка трубчатого типа. Євразійський патент № 21650 вид. 31.08.2015г ,3 стор.
2. У Цзунянь, Г.Б.Варламов. Моделювання аеродинамічних процесів в пальниках трубчастого типу // XVI Міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», КПІ ім.Ігоря Сікорського, 24.04.2018р. с.220.

Магістрант 5 курсу, гр. ТП-91мп Дуб'яга Д.О.
Проф., д.т.н. Пуховий І.І.

МЕТОДИ ДЕФРОСТРАЦІЇ В ПОВІТРЯНИХ ТЕПЛОВИХ НАСОСАХ

Волога, що є в повітрі, замерзає на теплообмінній поверхні випарника. Тому лід потрібно періодично видаляти. Цей процес називається дефростацією.

Методів дефростації декілька. Якщо тепловий насос реверсивний, як це робиться для установок, що виготовлені в США та інших країнах, дефростація проводиться реверсуванням теплового насоса на короткий період, протягом якого випарник стає конденсатором і температура його підвищується. Під час цієї операції зовнішній вентилятор можна відключити, щоб температура теплообмінника швидше підвищувалася. З метою компенсації на час дефростації включається додатковий нагрівач.

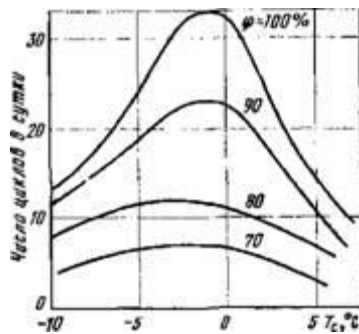


Рисунок. Частота дефростації.

На рисунку показана залежність частоти дефростації від відносної вологості і температури сухого термометра.

Це елегантне вирішення проблеми дефростації, особливо, якщо врахувати, що багато теплових насосів конструювали як повітряні кондиціонери цілорічної дії, тобто установки — реверсивні.

У цьому випадку всі клапани та акумулятори передбачені і потрібно лише доповнення у вигляді системи управління. Основний недолік полягає в тому, що відключення негативно впливає на потік холодоагенту, зокрема рідина може потрапити в компресор, коли внутрішній теплообмінник починає працювати як випарник. Превентивним заходом є установка рідинного акумулятора на всмоктуючій лінії.

Інших методів декілька. Запропоновано встановлювати електронагрівальні елементи вздовж ребер випарника, хоча це досить дорого і знижує ефективність ребер в звичайній експлуатації. Інша пропозиція полягає в застосуванні струменів гарячої води, які слід правильно направити. Пропонувалися також випарники з плоских пластин, з яких лід опадає шматками при механічному очищенні і не вимагає плавлення. Ця система призводить до збільшення обсягу випарника, так як тільки оребрення дозволяє отримати достатню поверхню в малому обсязі.

Підвищення витрати повітря знижує швидкість обмерзання, принаймні при температурі повітря вище 0° С. Експерименти були проведені зі збільшенням кроку оребрення до 12 мм, а також зі змінним кроком оребрення, коли ребра широко розташовані по правому ряду трубок випарника з метою накопичення льоду, а на наступних рядах відстань між ребрами зменшується для поліпшення теплообміну.

Якщо тепловий насос з використанням низькопотенційного тепла навколишнього повітря отримує ще й високопотенційне тепло (абсорбційний цикл або газомоторний пароконденсаторний цикл), то можна застосовувати для дефростації тепло, що утилізується.

УДК 699.8

Магістрант 5 курсу, гр. ТП-зп91 Костирев К.Ю.
Доц., к.т.н. Соломаха А.С.

КЛІМАТИЧНА КАМЕРА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ

Призначення кліматичної камери полягає в тому щоб піддати матеріали на вираження морозостійкості, теплостійкості та дощуванню різних сфер (вода, лужний розчин, кислота), та в результаті для визначення довговічності та особливостей експлуатації даних матеріалів. Після дослідження завдяки камері можливо надавати основні експлуатаційні характеристики та другорядні дані про досліджувані матеріали. Також можливі дослідження для різноманітних установок та матеріалів для визначення їх робочих характеристик в різні сезони року в залежності від змінних параметрів навколишнього середовища.

В ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» у відділі будівельної фізики та енергоефективності кліматичні камери використовуються (див. рисунок) для визначення робочих характеристик в основному теплоізоляційних матеріалів та зовнішніх стін з видачою в кінці дослідження сертифікатів компаніям замовникам даного продукту.

Камера моделює перепад температур протягом року (можливе нагрівання до +120 °С, заморожування до -40 °С) з дощами та снігом у вигляді дощування відповідно до умов навколишнього середовища країни, в якій матеріал буде експлуатуватися. Такі дослідження можна зробити протягом 3-16 тижнів роботи, з висновком щодо особливостей експлуатацію даного матеріалу на 5-15 років використання.



Рисунок – Зовнішній вигляд кліматичної камери

В роботі розглянуто принцип роботи кліматичної камери: описано холодильний контур, контур подачі води, систему вентиляції камери та ін.

Магістрант 1 курсу, гр. ТП-91мн Мітченко І.О.
Проф., д.т.н. Варламов Г.Б., доц., к.т.н. Глазирін С.О.

РЕЗУЛЬТАТИ КОМПЛЕКСНОГО ЕНЕРГО-ЕКОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОТУЖНОГО КОТЛА КВ-ГМ-100 (М.КИЇВ, ТЕЦ-5)

Котел водогрійний з КВ-ГМ-100 теплопродуктивністю 100 Гкал/год обладнаний трьома газо-мазутними пальниками типу РГМГ-30 витратою 3925 $\text{нм}^3/\text{год}$ газу або 3540 $\text{кг}/\text{год}$ мазуту (рис. 1) та призначений для нагріву води систем тепlopостачання до 150 °С, в опалювальному основному (70...150°С) та у піковому (110...150°С) режимах, має П-подібну компоновку, що включає топковий і конвективний теплообмінні блоки.

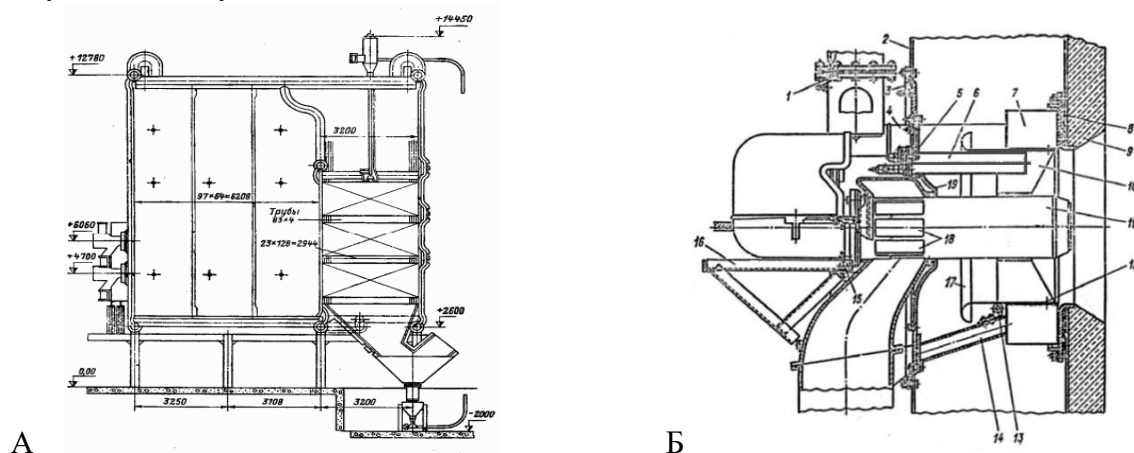


Рис. 1. Повздовжній переріз котла КВ-ГМ-100 (А) та газо-мазутного пальника типу РГМГ-30 (Б)

До недоліків роботи пальників [1] відносяться: неякісне сумішеутворення, високі значення коефіцієнтів надлишку повітря, нерівномірний розподіл температур по об'єму топки, взаємне накладання факелів пальникових пристроїв, що суттєво погіршує енерго-екологічні показники роботи котла, які можливо покращити за рахунок використання каталізаторів горіння, реалізації зовнішньої рециркуляції димових газів, встановлення рекуператорів димових газів (калорифери, КТАНи, декарбонізатори) та модернізації пальникових систем заміною штатних на мікрофакельні газові пальники типу МГП, що є найбільш ефективним методом, оскільки дозволяє суттєво покращити одночасно у комплексі енергетичні і екологічні показники експлуатації котла. Тому цей метод [2] обрано для розробки і впровадження у практичні заходи тепловиробництва щодо забезпечення дотримання високих вимог Європейських екологічних Директив, які вводяться у дію в Україні.

Перелік посилань:

1. Мухін М.С., Варламов Г.Б. Особливості аеродинамічних та теплових процесів у топці котла КВГМ-20 при роботі штатного пальника РГМГ-20 / XVII міжнародна науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики». КПІ ім. Ігоря Сікорського, м.Київ; 23.04.2019. с.254.
2. У Цзунянь, Варламов Г.Б. Основні результати модернізації пальникові системи котла ПТВМ-180 при застосуванні мікрофакельних пальників / XVII міжнародна науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики». КПІ ім. Ігоря Сікорського, м.Київ; 23.04.2019. с.269.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ОПАЛЮВАЛЬНИХ КОТЛІВ

На сьогодні існує два підходи до визначення енергетичної ефективності опалювальних котлів-енергетичний та ексергетичний. Енергетичний підхід базується на основі Першого закону термодинаміки – енергетичних балансів. Цей підхід враховує енергію лише кількісно і не враховує її якість, енергетичну цінність (ексергію). В основі ексергетичного підходу лежить той факт, що в енергетичних процесах витрачається не енергія взагалі, а якість (ексергія) внаслідок прояву необоротностей і, таким чином, визначити досконалість котла [1].

На основі енергетичного балансу опалювального котла одержано вираз для енергетичного коефіцієнта ефективності, якому часто приписують властивості коефіцієнта корисної дії (ККД), тепер цей коефіцієнти, як правило, називається коефіцієнтом перетворення енергії (КПЕ). Відомо, що КПЕ опалювальних котлів має досить високі значення (понад 90%). Висока енергетична ефективність не орієнтує на якість дії по раціональному використанню енергії.

Записано рівняння ексергетичного балансу котла, на основі якого одержано вираз для ексергетичного ККД η_k^{ex} і виділено втрати ексергії внаслідок прояву необоротностей. Значні втрати якості (ексергії) викликає необоротність процесу горіння і теплообміну між продуктами згорання палива і робочим тілом. Саме цими втратами обумовлена низька енергетична досконалість опалювальних котлів, яка визначається рівнянням $\eta_{ex}^{кот} = \eta_k \times \tau_m(T_m)$, де $\tau_m = 1 - T_0/T_m$ (T_m – середня температура робочого тіла, T_0 – температура навколишнього середовища) В ідеальному випадку, при відсутності втрат теплоти в котлі $\eta_k = 1$, але $\eta_{ex}^{кот} < 1$. Для водогрійних котлів $\tau_m = 0,2 - 0,25$ через низьку температуру робочого тіла. Звідси і їх мала ексергетична ефективність $\eta_{ex}^{кот} = \eta_k \times \tau_m = (0,85 \dots 0,95) \times (0,2 \dots 0,25) = 0,15 \dots 0,25$, тобто в опалювальних котлах витрачається близько 80% ексергії. Зменшити вказані втрати ексергії неможливо, оскільки вони органічно властиві даній структурі одержання низькотемпературної теплоти. Ось чому в рішеннях Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) відмічається, що для одержання теплоти в опалювальних котельнях недоцільно використовувати процеси спалювання палива. Ці процеси слід використовувати для одержання високотемпературної теплоти в промисловості [2].

Перелік посилань:

1. Бродянский В.М. Эксергетический метод и его приложения./ В.Фратшер, К.Михалек. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.
2. Low exergy systems for high-performance buildings and communities. Annex 49 summary report ECBCS. – Fraunhofer IBP. – 2011. Місце доступу [www.ecbcs.org]

Магістрант 1 курсу, гр. ТП-91мп Озеруга О.В.
Доц., к.т.н. Боженко М.Ф.

ПОРІВНЯЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ УТИЛІЗАЦІЙНИХ УСТАНОВОК ДИМОВИХ ГАЗІВ КОТЕЛЕНЬ ЗІ ЗВОЛОЖЕННЯМ ДУТТЬОВОГО ПОВІТРЯ

Відомо, що підвищення коефіцієнта використання природного газу в котельнях може бути досягнуто за рахунок глибокого охолодження відхідних димових газів, а також зволоження дуттьового повітря.

В роботі [1] проаналізований вплив на енергетичну ефективність поверхневих утилізаторів-калориферів зволоження і нагрів повітря до температури 40 °С, а в подальших дослідженнях була визначена оптимальна температура зволоженого повітря, яка складає 50 °С.

В даній роботі виконані розрахунки енергетичної і екологічної ефективності теплоутилізаційних установок зі зволоженням дуттьового повітря, а саме: контактного теплоутилізатора – контактного повітрянагрівача з активними насадками, екологічно чистої теплоутилізаційної установки, поверхневих калориферів з контактним повітрянагрівачем.

Енергетичну ефективність установок за опалювальний період, грн/рік, визначали за формулою

$$E\phi = [Q_{ут} - (Q_{кпн} - Q_{пп})] \frac{t_{вн} - t_{ср.о.}}{t_{вн} - t_{р.о.}} \cdot n_0 \cdot 24 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot C_k - B_{зв}, \quad (1)$$

де $Q_{ут}$, $Q_{кпн}$, $Q_{пп}$ – потоки утилізованої теплоти, на зволоження та нагрівання дуттьового повітря в КПН, на попередній підігрів дуттьового повітря в КПН відповідно, кВт; $B_{зв}$ – зведені витрати на теплоутилізаційну установку, грн/рік.

Розрахунки виконані при встановленні утилізаторів в котельні за одним з водогрійних котлів КВ-ГМ-10 в м. Києві при $t_{вн} = 20$ °С, $t_{ср.о.} = -0,1$ °С, $t_{р.о.} = -22$ °С, $n_0 = 176$ діб і вартості теплової енергії $C_k = 1654,41$ грн/Гкал, результати розрахунків наведені в таблиці.

Таблиця – Результати розрахунків енергетичної ефективності утилізаторів

Величина	КТАН-УТ - КТАН-ПН	ЕКТ	Калорифер- ПН
$Q_{ут}$, МВт	1,55	1,94	2,31
$Q_{кпн}$, МВт	0,57	0,57	0,95
$Q_{пп}$, МВт	0,14	0,14	0,18
К, тис. грн.	651	658	373
$B_{екс}$, тис. грн./рік	87	68	36
$B_{зв}$, тис. грн./рік	413	382	49
Еф, тис. грн./рік	2820	3960	4306

Як видно з результатів розрахунків, найбільшою енергетичною ефективністю характеризується теплоутилізаційна установка з поверхневими калориферами.

За наведеною в роботі [1] методикою також визначена екологічна ефективність розглянутих утилізаційних установок, в результаті отримано, що поверхневі утилізатори характеризуються і найбільшою екологічною ефективністю.

Перелік посилань:

1. Боженко М.Ф. Підвищення ефективності утилізаторів теплоти димових газів котелень за рахунок зволоження дуттьового повітря / М.Ф.Боженко, І.Я.Перевьорткіна // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2017. - № 1 (47). – С. 51 – 57.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОБМІНУ В КОЖУХОПЛАСТИНЧАСТИХ ТЕПЛОБМІННИКАХ

Теплоносії повинні бути недорогими, досить представленими в вітчизняних ресурсах, зручними при транспортуванні, стабільними в процесі тривалої роботи, володіти високою щільністю і теплоємністю, можливо великим коефіцієнтом теплопровідності і теплою фазового переходу, малою в'язкістю. Теплоносії класифікуються за призначенням, агрегатним станом і діапазоном робочих температур. За призначенням розрізняють гарячий теплоносій, охолоджуючий теплоносій (холодоносій), проміжні тепло - і холодоносії, холодоагенти (робоче тіло в холодильних циклах), сушильний агент та інші. За агрегатним станом теплоносії бувають однофазні та багатофазні (частіше двофазні).

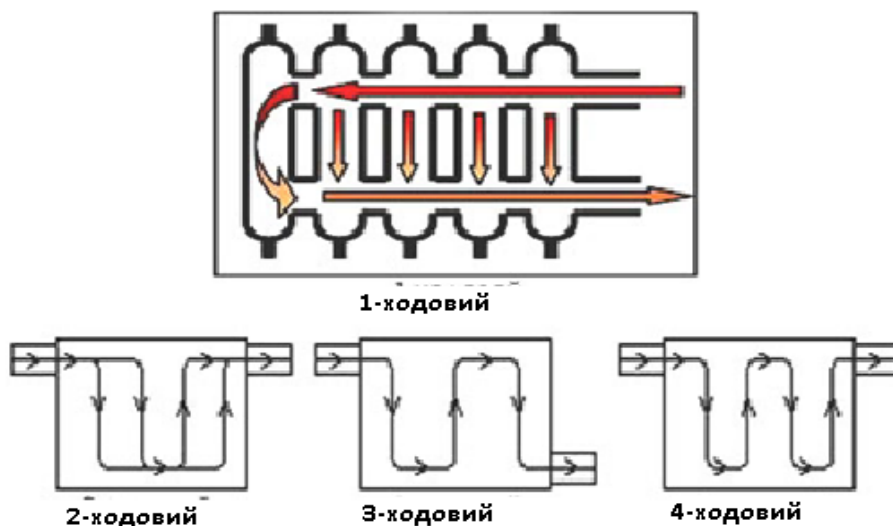


Рис.1. Рух потоків в кожухопластинчастих апаратах

Рух потоків можна створити за принципом прямотоку, протитоку і перехресного току. Приклад конструкції одно-, дво- і багатоходового апарату наведений на (Рис.2)

Порівняно з кожухотрубними, кожухопластинчасті апарати мають більш складну форму поверхні теплообміну, що забезпечує турбулентний рух середовищ в щілинних каналах. При цьому знижується темп відкладення забруднень на стінках каналів і має місце високий коефіцієнт теплопередачі $K = 1900-5000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$. Мінімальний перепад температури між теплоносіями може досягати $1-2 \text{ } ^\circ\text{С}$

Магістрант 1 курсу, гр. ТП-91мп Подоба І.В.
Проф., д.т.н. Пуховий І.І.

ПНЕВМАТИЧНИЙ АКУМУЛЯТОР ДЛЯ ЗНЯТТЯ ПІКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ В ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВКАХ.

Печера, компресор і газова турбіна - так влаштований пневматичний акумулятор енергії. У США перший такий пристрій було побудовано в 1991 році в McIntosh, Алабама [1]. Його призначення - згладжування пікових навантажень на електростанції.

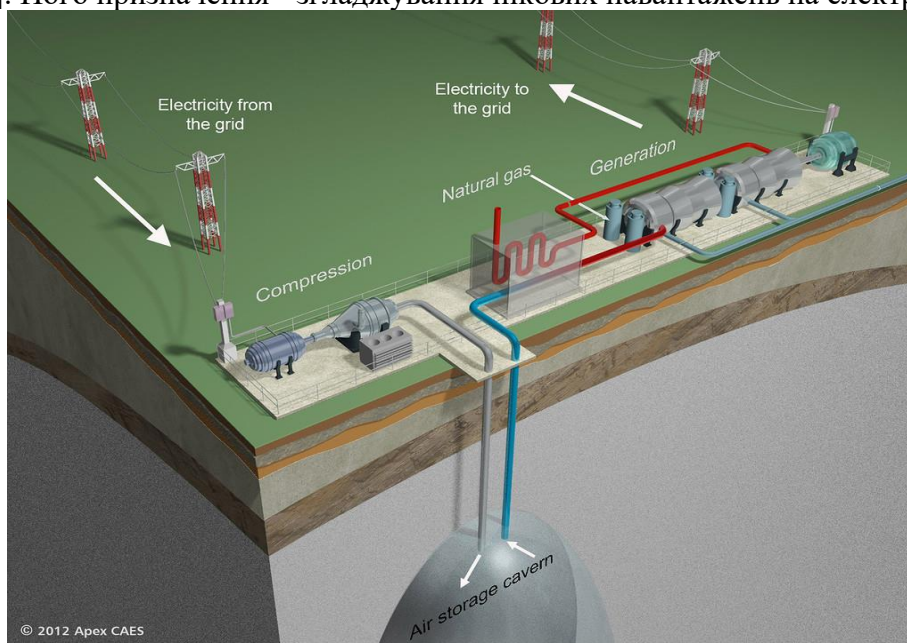


Рис.1 Принципова схема пневматичного акумулятору

Повітря компресорами заганяється в підземне сховище (природну соляну печеру) обсягом 538 тис.куб.м до тиску 77 атм. Коли споживання електроенергії в мережі несподівано зростає, повітря виходить і віддає потужність в систему.

Час спорожнення резервуара до нижнього робочого тиску 46 атм - 26 годин, протягом яких станція видає 110 МВт потужності. Стиснене повітря крутить турбіну не сам по собі, а надходить в камеру згоряння ГТУ. Оскільки зазвичай 2/3 потужності газової турбіни витрачається на привід компресора, який нагнітає в неї повітря, то виходить солідна економія. Перед використанням ГТУ в піковому режимі вал компресора від'єднують від вала турбіни. Повітря підігрівається в теплоутилізаторів (рекуператорі) продуктами згоряння, що також додає ефективності. Відзначають зниження витрати газу на 60 ... 70% у порівнянні з традиційною газовою турбіною, швидкий запуск з холодного стану (кілька хвилин) і хорошу роботу на малих навантаженнях.

Перелік посилань:

1. https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Газотурбинная_установка

Магістрант 1 курсу, гр. ТП-91мн Швець Н.О.
Доц., к.т.н. Куделя П.П.

ЕКСЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КОТЛІВ

Балансові рівняння, які виводяться як з Першого закону термодинаміки (енергетичні баланси), так і з врахуванням вимог Другого закону термодинаміки (ексергетичні баланси) служать основою для оцінки ефективності енергетичних перетворень в парогенераторі. На цих рівняннях базуються безрозмірні коефіцієнти ефективності, принцип побудови яких однакові: в обох випадках корисний ефект порівнюється з необхідними затратами на реалізацію даного ефекта.

Відношення потоку теплоти, яка підводиться до робочого тіла, до потоку теплоти, що вноситься з паливом, називають часто по старому енергетичним ККД парогенератора. Ця величина не враховує якість енергії (ексергію), а тому ніхто не говорить про термодинамічну досконалість перетворення енергії в смислі Другого закону термодинаміки. Тепер такі коефіцієнти об'єднані в загальний термін «коефіцієнт перетворення енергії (КПЕ)» [1], а в англійській літературі – COP (coefficient of performance), КПЕ парогенератора лише показує, яка частина теплоти, що вноситься з паливом, передається робочому тілу. Для сучасних паротурбінних електростанцій КПЕ η_k може перевищувати значення 0,9. Ексергетичний баланс дозволяє одержати вираз для ексергетичного ККД парогенератора, який при нехтуванні тертям робочого тіла в парогенераторі приймає вигляд [2]:

$$\eta_{ex}^{III} = \eta_k \cdot (1 - T_0 / T_m) \quad , \quad \text{де } T_m \text{ – середня термодинамічна температура}$$

робочого тіла. Для енергетичних котлів $\eta_{ex}^{III} \approx 45\%$. До основних втрат ексергії в парогенераторі відносяться: втрати ексергії при спалюванні палива (~25 – 30 %) і при теплопередачі від продуктів згорання до робочого тіла при кінцевій різниці температур. Парогенератор виявляється, таким чином, джерелом великих втрат ексергії, які взагалі не знаходять відображення в енергетичному коефіцієнті ефективності η_k . Втрати ексергії - це баласт, який в подальшому ні в яких енергетичних перетвореннях не приймає участі і в кінцевому рахунку відводиться в навколишнє середовище. Для зменшення втрат ексергії в парогенераторі необхідно підвищувати середньотермодинамічну температуру T_m в енергетичних котлах, цього можна досягти за рахунок підвищення параметрів пари (збільшення тиску та температури пари на виході з парогенератора $P_1 \uparrow, T_1 \uparrow$), проміжний перегрів пари, комбінований підігрів повітря і живильної води.

Перелік посилань:

1. Бер Г.Д. Техническая термодинамика. Издательство «Мир», - 503 с. М,1977.-
2. Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок. М. Издательство МЭИ, 2004, - 158с.

Магістрант 1 курсу, гр. ТП-91мн Швець Н.О.
Доц., к.т.н. Серета В.В.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОБМІНУ ПІД ЧАС КОДЕНСАЦІЇ В МІНІКАНАЛАХ

Застосування мініканалів є одним із способів інтенсифікації теплообміну у разі фазових перетворень та робить впровадження мініканалів перспективним напрямом у створенні сучасних конденсаторів із мініканальними трубками (рис.1).



Рис. 1. Багатопортова екструдована трубка [1]. Типовий розмір каналу близько 1 мм.

У наукових працях наявна значна кількість експериментальних даних по тепловіддачі у разі конденсації пари в мініканалах. Більшість даних отримані для рідин із подібними властивостями (переважно R134a). Коефіцієнти тепловіддачі за кількома винятками розраховуються із експериментальних вимірювань шляхом віднімання термічних опорів та/або з використанням методу «Wilson plot».

У даній роботі наведено порівняння експериментальних даних різних авторів під час конденсації холодоагентів у мініканалах. На рис. 2 наведено порівняння результатів експериментальних досліджень із робіт [1,2] за однаковими масовими швидкостями й геометричними розмірами у круглих і квадратних мініканалах.

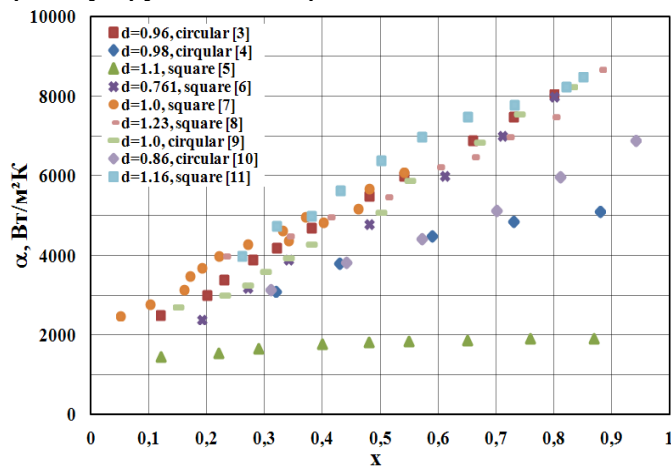


Рис. 2. Порівняння результатів досліджень у разі конденсації R134a у середині круглих і квадратних мініканалів із робіт [1,2] за $G = 350 - 450 \text{ кг}/(\text{м}^2\text{с})$.

Із рис. 2 видно, наявні методи розрахунку тепловіддачі дають суттєву розбіжність у разі їх порівняння як між собою, так і з експериментальними значеннями коефіцієнтів тепловіддачі різних авторів, отриманих за однакових режимних параметрів і геометричних розмірів мініканалів.

Перелік посилань:

1. Matkovic M. Experimental study on condensation heat transfer inside a single circular minichannel / M. Matkovic, A. Cavallini, D. Del Col, L. Rossetto // Int. J. Heat Mass Transfer, - 2009. – Vol. 52. - P. 2311 – 2323.
2. Bohdal T. Heat transfer during condensation of refrigerants in tubular minichannels / T. Bohdal, H. Charun, M. Sikora // Archives of Thermodynamics, 2016. – № 4. - P. 3 – 18.

Студент 4 курсу, гр. ТП-61 Баранюк А.М.
Доц., к.т.н. Соломаха А.С.

ХОЛОДИЛЬНИЙ ЦИКЛ ІЗ ПРОМІЖНИМ ВПОРСКУВАННЯМ ПАРИ В КОМПРЕСОР

При зниженні температури навколишнього повітря падає ефективність і холодопродуктивність холодильної установки. Це відбувається в результаті зменшення перепаду між температурою киплячого холодоагенту і температурою навколишнього повітря. Кількість переданої теплоти, яка необхідна для кипіння холодоагенту, знижується і відповідно погіршуються умови кипіння холодоагенту, в результаті зменшується витрата рідкого холодоагенту, що надходить у випарник через регулятор витрати. Як наслідок, знижується тиск всмоктування, падає продуктивність компресора і можливе відключення холодильної машини при спрацьовуванні пристроїв захисту по низькому тиску. Одночасно знижується тиск і температура конденсації, що призводить також і до зменшення теплопродуктивності кондиціонера.

Для підвищення ефективності роботи спірального компресора при низьких температурах використовують технологію проміжного впорскування пари [1, 2]. Вона, як правило, дозволяє для заданого теплового навантаження використовувати менший компресор. Крім того, впорскування пари забезпечує додаткове охолодження, що розширює робочий діапазон компресора і дозволяє їм працювати в низькотемпературних умовах, оскільки, при використанні економайзера частина пари стискується до тиску конденсації не з низького тиску кипіння, а з більш високого проміжного тиску.

Як показано на рисунку, частина сконденсованої рідини «i» розширюється в ТРВ, і надходить в протитечійний теплообмінник (економайзер). Потім перегріта пара впорскується в проміжну точку стиснення спірального компресора. Переохолодження рідини в економайзері збільшує продуктивність випарника за рахунок зниження температури рідини з T_{Li} до T_{Lo} і відповідного зниження її ентальпії. Крім того, за рахунок додавання в процес стиснення пари з проміжним тиском і температурою T_{Vo} , подача якої контролюється за допомогою ТРВ економайзера, відбувається проміжне охолодження пари в процесі її стиснення в компресорі, що зменшує затрати роботи на стиснення. Додатковий масовий потік «i» також збільшує кількість теплоти, що відводиться в конденсаторі.

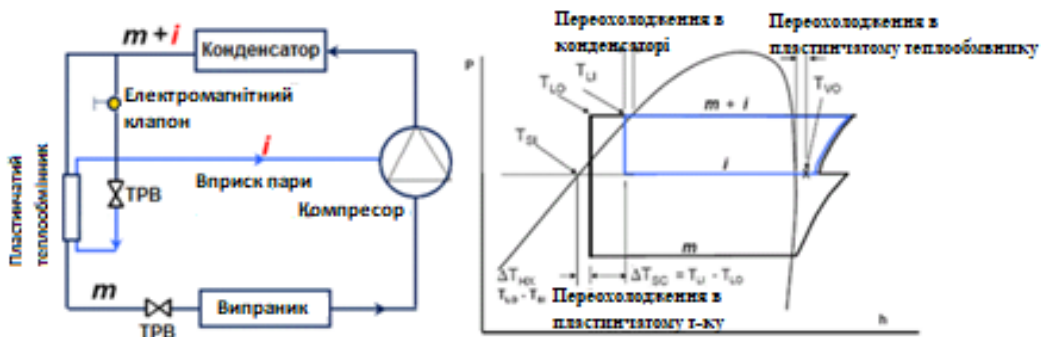


Рисунок – Принципова схема та p,h-діаграма установки з проміжним впорскуванням пари в компресор

Перелік посилань:

1. <https://hisense-air.com.ua/>
2. Холодильные компрессоры ZF COPELAND SCROLL с впрыском пара. Техническая информация. Ref: C7.19.1/0208-1214/RU.

Студент 4 курсу, гр. ТП-61 Бузоверя Д.В.
Доц., к.т.н. Серета В.В.

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОПРИСНЕННЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ

Опріснення морської води забезпечує загальносвітовий обсяг виробництва води в 24,5 млн. м³ за добу. «Гарячою точкою» інтенсивної опріснювальної діяльності завжди була Аравійська затока, але з'являються і інші регіональні центри, які стають все більш помітними. Наприклад, Середземне і Червоне моря або прибережні води Каліфорнії, Китаю і Австралії. На рис. 1 показано регіональний розподіл встановлених потужностей опріснювальних установок по всьому світу станом на 2019 рік [1].

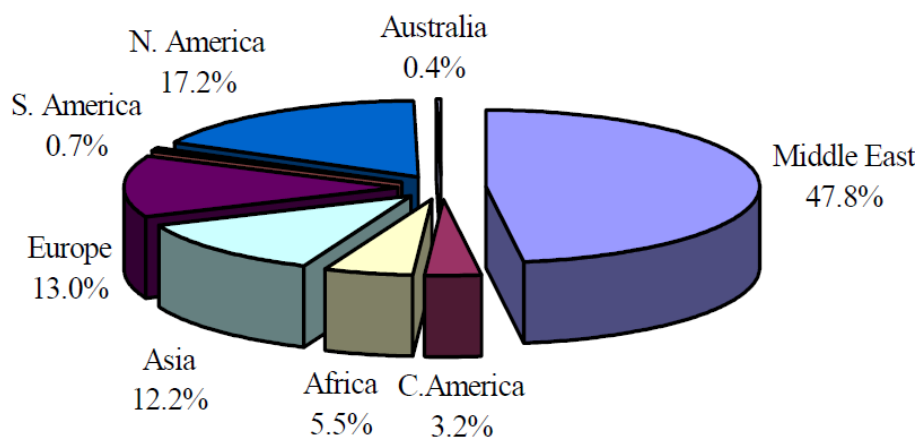


Рис. 1 Розподіл глобального опріснювального потенціалу по світових регіонах на 2019 рік.

Морські водні запаси містять у своєму складі більше 50 хімічних елементів. Концентрація кожного з них украй мала, але їх загальна маса визначає солоність рідини. Для споживання може бути придатна тільки вода, в якій міститься не більше за 0,001 г/мл солей. Для того, щоб досягти подібної концентрації, застосовуються різні технології опріснення морської води [2-3]. Фахівці намагаються розробити такі системи опріснення, які б споживали мало енергії, але при цьому максимально очищали воду для використання населенням.

У даній роботі аналізуються різні технології опріснення морської води. Особливу увагу приділено таким перспективним технологіям, як мембранне та термічне опріснення. Мембранні технології використовують зворотній осмос, нанофільтрацію та електродіаліз. Тоді як термічне опріснення включає багатоступеневу ви-парну дистиляцію (MSF), багатоступеневу дистиляцію (MED) та дистиляцію із стисканням гріючої пари (VCD). Описані переваги та недоліки усіх цих методів опріснення та їх технічні характеристики, зокрема продуктивність, собівартість і якість отримуваної води та капітальні витрати на установку. Показано поширення різних опріснювальних установок по всьому світу. Наведені перспективні напрямки розвитку опріснювальних технологій.

Перелік посилань:

1. IDA Water Security Handbook 2018-2019.
2. Bharadwaj R., Singh D., Mahapatra A. Seawater desalination technologies. International Journal of Nuclear Desalination, 2008. 3 (2), pp. 151-159.
3. Zou Q., Liu X. Economic effects analysis of seawater desalination in China with input-output technology. Desalination, 2016. 380, pp. 18-28.

Студентка 4 курсу, гр. ТП-61 Іжевська Т.Л.
Доц., к.т.н. Боженко М.Ф.

ПОРІВНЯЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ УТИЛІЗАТОРІВ ТЕПЛОТИ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ВИКИДІВ ГРОМАДСЬКИХ ТА ВИРОБНИЧИХ БУДІВЕЛЬ

Для утилізації теплоти витяжного повітря і використання її для попереднього підігріву припливного у холодний період року, що загалом спричиняє зменшення витрат теплоти на вентиляцію, використовуються теплоутилізатори, найпоширенішими серед яких є пластинчасті рекуператори, регенеративні обертові та теплоутилізатори з проміжним теплоносієм.

В роботі виконані розрахунки ефективності утилізаторів теплоти для припливно-витяжної системи вентиляції блоку потокових аудиторій корпусу №5 КПІ ім. Ігоря Сікорського. До вихідних даних відносяться раніше розрахована об'ємна витрата припливного і видалюваного повітря $V_{\text{п}} = V_{\text{в}} = 74000 \text{ м}^3/\text{год}$ параметри видалюваного повітря ($t_{\text{в1}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$; $\varphi_{\text{в1}} = 60 \%$) та ін.

За методикою [1] визначені потік теплоти для нагрівання припливного повітря (1165 кВт), річна витрата теплоти на вентиляцію (5343 ГДж/рік), решта величин (див. табл.).

Таблиця – Порівняльні характеристики утилізаторів

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини для утилізаторів		
			Регенеративні	Пластинчасті	З пром. теплоносієм
1. Температура повітря після теплоутилізатора	$t_{\text{п2}}$	$^\circ\text{C}$	8,1	- 1,1	- 1,0
2. Коефіцієнт температурної ефективності	η_t	-	0,685	0,475	0,478
3. Річна кількість утилізованої теплоти вентиляційних викидів	$Q_{\text{ут.річ}}$	ГДж/рік	4057	2834	2840
4. Критична температура зовнішнього повітря для інеєутворення	$t_{\text{к}}$	$^\circ\text{C}$	- 13,5	- 9	- 20,7
5. Потік теплоти для нагрівання повітря перед утилізатором	$Q_{\text{пп}}$	кВт	254	393	52
6. Дійсна кількість утилізованої теплоти	$Q_{\text{ут.річ.д}}$	ГДж/рік	2890	1021	2601
7. Річна витрата теплоти для догрівання припливного повітря	$Q_{\text{пр.річ}}$	ГДж/рік	1286	2518	2512

Отже, з енергетичної точки зору найбільш ефективними є регенеративні обертові теплоутилізатори. До їх переваг відносяться найбільші температура повітря на виході і коефіцієнт температурної ефективності, а також найбільша дійсна річна кількість утилізованої теплоти.

Перелік посилань:

1.Боженко М.Ф. Енергозбереження в теплопостачанні : Навч. посіб./ М.Ф.Боженко, В.П.Сало. - Київ. : НТУУ «КПІ», 2008. – 268 с.

Студент 4 курсу, гр. ТП-61 Одуденко Ю.М.
Доц., к.т.н. Назарова І.О.

ЗБЕРІГАННЯ ФРУКТІВ ПІСЛЯ ЗБИРАННЯ В ФРУКТОСХОВИЩІ ТА ПРИ КІМНАТНІЙ ТЕМПЕРАТУРІ

Основним призначенням холодильних машин є вироблення штучного холоду або відведення теплоти від охолоджуваного тіла. Це дозволяє знижувати температуру різних об'єктів та підтримувати більш низьку температуру в порівнянні з температурою навколишнього середовища.

Складовими холодильних камер є спліт системи, моноблоки, комплекти холодильного обладнання, які забезпечують заданий режим зберігання. Комплект холодильного обладнання включає в себе компресорно-конденсаторний агрегат, внутрішнього блоку або випарника, пульта дистанційного керування й інших важливих комплектуючих.

У якості холодоагенту використовується аміак, який не руйнує озоновий шар і не вносить прямого вкладу у збільшення парникового ефекту. Для підтримання температури у фруктосховищі була розроблена система холодопостачання з проміжним холодоносієм в якості якого використано розчин хлористого кальцію.

Температура зберігання, крім впливу світла та кисню, є одним із ключових факторів, що впливають на стабільність властивостей плодів під час зберігання [1]. Подовження терміну зберігання ягідних фруктів часто досягається за рахунок зберігання при низькій температурі або з контрольованою атмосферою, як правило, в атмосфері високої кількості вуглекислого газу. Якість фруктів залежить від дотримання всіх норм при їх зберіганні. Для цього в приміщенні для зберігання повинні підтримуватися в досить вузькому діапазоні значення температур, вологовміст та хімічний склад середовища.

Складні реакції, що відбуваються у плодах у період після збирання, можуть сприяти утворенню сполук з підвищеною антиоксидантною здатністю, навіть у той момент, коли атрибути фруктів (смак, запах, зовнішній вигляд та текстура) вже значно погіршилися.

Основною метою даної роботи був моніторинг зміни біологічних, санітарно-гігієнічних та смакових якостей вишні, а також його товарного вигляду протягом всього періоду зберігання при кімнатній температурі (25 °C) та в холодильнику (4 °C) після збирання. Плоди були отримані від виробників при повній зрілості, а зразки були зібрані та доставлені. Зберігання було припинено, і експеримент закінчився, коли фрукти виявили зорове псування.

Тривалість зберігання вказана в таблиці 1.

Таблиця 1 - Порівняльна характеристика зберігання вишні в холодильній камері та при кімнатній температурі..

Фрукт	Час зберігання (дні)	
	4 °C	25 °C
Вишня	30	17

Отже, результати цього дослідження свідчать про те, що харчова якість фруктів залишається стабільною протягом тривалого терміну зберігання, який у деяких випадках навіть перевищує чотири тижні.

Перелік посилань:

1. Piljac-Žegarac, J., Šamec, D. (2011) Antioxidant stability of small fruits in postharvest storage at room and refrigerator temperatures. Food Research International 44(1): 345–350. doi:10.1016/j.foodres.2010.09.039

Студент 4 курсу, гр. ТП-61 Одуденко Ю.М.
Доц., к.т.н. Середа В.В.

РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОВІДДАЧІ У РАЗІ КОНДЕНСАЦІЇ ПАРИ ВСЕРЕДИНІ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ТРУБ ЗА СТРАТИФІКОВАНОГО РЕЖИМУ ТЕЧІЇ ФАЗ

У сучасних конденсаторах систем кондиціонування повітря, теплових насосів та у випарниках систем термічного опріснення процес конденсації пари здійснюється переважно всередині горизонтальних труб та каналів. Процеси передачі теплоти, що відбуваються у конденсаційних теплообмінних апаратах, мають значний вплив на загальну енергоефективність згаданих систем. В даний час наявні методи та моделі розрахунку коефіцієнтів теплопередачі у разі конденсації пари різних робочих тіл у горизонтальних трубах суттєво відрізняються між собою [1]. Точність розрахунку за різними методами і моделями значно змінюється залежно від режимних параметрів теплообмінних апаратів.

У випадку стратифікованої течії двофазного потоку відсутні чіткі рекомендації щодо використання різних залежностей для розрахунку тепловіддачі. У більшості випадків коефіцієнти тепловіддачі розраховуються за формулою Нуссельта, отриманої для конденсації на зовнішній поверхні горизонтальної труби. Для отримання більш точних даних необхідно враховувати тепловіддачу у струмку конденсату, яка обчислюється за формулами конвективного теплообміну під час турбулентної течії рідини.

В даній роботі проведено порівняння експериментальних значень коефіцієнтів тепловіддачі, отриманих у разі конденсації робочих тіл R22 та R407c у гладкій трубі $d = 17$ мм із наступними режимними параметрами: $t_s = 35\text{--}40$ °C, $G = 10\text{--}100$ кг/(м²·с), $x = 0,8\text{--}0,1$, $q = 5\text{--}50$ кВт/м² із відомими методами розрахунку із праць [2-6]. Показано, що у струмку конденсату значення експериментальних коефіцієнтів тепловіддачі вище розрахункових більше ніж на 30%. У верхній частині труби, експериментальні значення коефіцієнтів тепловіддачі узгоджуються із достатньою точністю (похибка в межах $\pm 20\%$) з формулою Нуссельта.

Перелік посилань:

1. Rifert V, Sereda V, Gorin V, Barabash P, Solomakha A (2020) Heat transfer during film condensation inside plain tubes. Review of experimental research. Heat and Mass Transfer 56: 691-713.
2. Thome J, El Hajal J, Cavallini A (2003) Condensation in horizontal tubes, part 2: new heat transfer model based on flow regimes. International Journal of Heat and Mass Transfer 46 (18):3365-3387.
3. Shen S, Wang Y, Yuan D (2017) Circumferential distribution of local heat transfer coefficient during steam stratified flow condensation in vacuum horizontal tube. International Journal of Heat and Mass Transfer 114:816-825.
4. Singh A, Ohadi M, Dessiatoun S (1996) Empirical modeling of stratified-wavy flow condensation heat transfer in smooth horizontal tubes. ASHRAE Transac 102 (2):596-603.
5. Dobson M, Chato J (1998) Condensation in smooth horizontal tubes. Journal of Heat Transfer 120 (1):193-213.
6. Macdonald M, Garimella S (2016) Hydrocarbon condensation in horizontal smooth tubes: Part II—Heat transfer coefficient and pressure drop modeling. International Journal of Heat and Mass Transfer 93:1248-1261.

Студент 4 курсу, гр. ТП-61 Ситник Д.С.; аспірант Цзянгоу Ц.
Проф., д.т.н. Варламов Г.Б.

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОТУЖНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

Високі показники продуктивності суперкомп'ютерів досягаються шляхом введення до їх складу великої кількості паралельно працюючих процесорних блоків та модулів пам'яті. Однак, вони потребують високоефективної та надійної системи охолодження із забезпеченням необхідних величин температур устаткування та електронних плат.

За коефіцієнтом PUE (Power Utilization Efficiency), що характеризує співвідношення повної електричної енергії, споживаної комп'ютером, до енергії, що витрачається безпосередньо електронними платами, робить суперкомп'ютер «К Computer» компанії Fujitsu (Японія) одним з найбільш енергоефективних суперкомп'ютерів у світі (672 комп'ютерні стійки з 68544 восьмиядерними процесорами продуктивністю кожного по 128 GFLOPS, шосте місце у рейтингу <http://www.green500.org>). Але збільшення його продуктивності обмежено неможливістю збільшення відведення теплоти від плат водою. Для відводу теплоти від серверів необхідно нагріту воду направляти у градирні, де її частина перетворюється в туман і випаровується в атмосферу, що потребує великомасштабного поповнення випарованої води. У всьому світі потребується усе більше води для відводу теплоти від зростаючого числа центрів обробки даних, розміри яких збільшуються із зростанням накопичення інформації в електронних системах. Тому потрібно винайти більш ефективні системи охолодження й нові робочі тіла.

Перспективним напрямком підвищення потужності і ефективності суперкомп'ютерів є застосування у системах охолодження хладагентів замість води. Дослідники з Sandia National Laboratories (м.Нью-Мексико, США) розробили систему охолодження для суперкомп'ютерних центрів, на основі застосування хладагентів, що дозволяє економити від 15 до 19 мільйонів літрів води на рік, і сотні мільйонів літрів на національному рівні, якщо метод буде широко поширений.

Спосіб-прототип використовує рідкий холодоагент замість води для відводу тепла. Вода, нагріта обчислювальним центром, перекачується в замкнутій системі та віддає теплоту через поверхневий теплообмінник контуру, в якому циркулює холодоагент. Холодоагент поглинає теплоту з води і потім передає її повітрю через інший поверхневий теплообмінник.

На кафедрі ТПТ запропонована нова схема охолодження суперкомп'ютерів без застосування водяного контуру, яка використовує холодоагент з фазовим переходом і вимагає тільки зовнішнього повітря для відведення теплоти у зовнішнє середовище [2]. Усі електронні плати у цій системі розміщуються у Дата блоках. Розроблена конструкція Дата блоку та уся система охолодження відповідає сучасним світовим показникам з відведення теплоти на одиницю підведеної енергії, для якої PUE становить 1,016.

Перелік посилань:

1. Мельник В. А. Стан та перспективи розвитку високопродуктивних обчислювальних систем / В. А. Мельник // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2011. – № 717 : Комп'ютерні системи та мережі. – С. 96-104. – Бібліографія: 21 назва.
2. Патент України №122371, «Багатоканальний термосифон з вертикальною камерою випаровування», 2018.01.10, F28D15/02

УДК 697.1 (075.8)

Студент 4 курсу, гр. ТП-61 Сторожук М.С.
Ст. викл. Голіяд М.Н.

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ПЛАСТИНЧАСТОГО МОНОБЛОКУ ДЛЯ ДВОСТУПЕНЕВОЇ ЗМІШАНОЇ СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Моноблок - це змонтовані на одній рамі по суті два пластинчасті теплообмінники (перша та друга ступені підігрівачів системи гарячого водопостачання (ГВП)), що зв'язані між собою гідравлічно. Така установка складається з: нерухомої плити з чотирма патрубками для приєднання зовнішніх трубопроводів; притискної плити з двома патрубками для приєднання зовнішніх трубопроводів (на відміну від стандартного, одноступеневого, пластинчастого теплообмінника, в якому такі патрубки на рухомій плиті відсутні); теплообмінних пластин з ущільнювачами; верхньої та нижньої направляючих; задньої стійки; комплекту різьбових шпильок.

Природньо, що такий моноблок володіє такими ж перевагами (в порівнянні з, наприклад, кожухотрубним теплообмінником) як і звичайний пластинчастий теплообмінник, а саме: приблизно однаковою вартістю; меншими в 5-6 разів габаритами; в 10-15 разів меншою вагою; для нього не потрібні спеціальний фундамент та теплоізоляція; приблизно в 7-8 разів менший необхідний час для розбирання установки; в 2-3 рази більший ресурс роботи до капітального ремонту; розбірна (доступна для внутрішнього огляду та чищення) конструкція; приблизно в 3 рази більший коефіцієнт теплопередачі; можливість змінення величини поверхні теплообміну; приблизно в 4 рази меншою можливою різницею температур теплоносіїв на виході з апарату [1].

Стосовно переваг моноблоку над двома окремими пластинчастими теплообмінниками відмітимо беззаперечні *компактність* та *меншу вартість*.

Проте, треба відмітити також і суттєві *недоліки* моноблоку в такому порівнянні, а саме: помітно *складніший монтаж-демонтаж* трубопроводів, приладів, арматури зі сторони притискної плити з двома патрубками (гірша зручність обслуговування моноблоку); *менша надійність* моноблоку (два окремих апарати надійніші; при виході з ладу одного з них, другий буде покривати частину необхідного навантаження на ГВП; у випадку моноблоку - це навантаження не буде покриватися зовсім); через різницю витрат гарячого теплоносія між ступенями моноблоку (в першій ступені ці витрати помітно більші) часто приходиться комплектувати ступені *різними типорозмірами* пластин (додаткові вимоги при їх монтажі) або компоувати їх по різних схемах або зменшувати витрати гарячого теплоносія в I ступені (*зменшувати ефективність* моноблоку), тобто ця обставина помітно погіршує *функціональність* та можливу *ефективність* моноблоку.

Таким чином, при проектуванні системи ГВП кожний раз треба вирішувати що важливіше: економія коштів або надійна робота обладнання.

Перелік посилань:

1. Петров А.Д. и др. Сравнение пластинчатых и кожухотрубных теплообменных аппаратов // Молодой ученый. - № 18 (152), 2017. - С. 65-68.

Студент 4 курсу, гр. ТП-61 Фетов І.В.
Доц., к.т.н. Гавриш А.С.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОВІДДАЧІ В КОНДЕНСАТОРІ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ ПО ВИРОБНИЦТВУ СУХОГО ЛЬОДУ

Холодильна і криогенна техніка в наш час знайшла широке застосування у різноманітних галузях промисловості. Таких, як харчова, хімічна, машино - та авіабудування, тощо. Особливий інтерес являють процеси охолодження, які використовуються для збереження пластичних властивостей конструкційних матеріалів, затримки процесів старіння клепок з'єднань, та інших. Суттєве охолодження дозволяє зменшувати розміри окремих деталей із метою їх холодної посадки.

Наразі криогенна техніка і в тому числі машини по виробництву сухого льоду потребують досить високих енергетичних затрат [1]. Одним із варіантів зменшення питомих витрат на виробництво сухого льоду є інтенсифікація процесів конденсації [2]. Для забезпечення кращого коефіцієнту тепловіддачі в конденсатор запропоновано застосовувати теплообмінні поверхні спеціального профілю. Передбачається також можливість окрім профілювання поверхні створювати захисні покриття з мінімальним термічним опором. Ці покриття можуть базуватись на використанні сучасних, так званих «розумних» нано речовин, які мають комплементарні властивості і синергетичний ефект. Одночасне застосування таких підходів створює умови для переходу в перспективі від суто плівкової конденсації холодильних і крио- агентів до псевдо-плівкового, псевдо-краплинного а в перспективі і до краплинного режимів конденсації. Ще одним додатковим шляхом для інтенсифікації процесу конденсації є обробка поверхні конденсатора ліофобним покриттям [3]. На даний момент цей шлях малодосліджений, але є дуже перспективним у кооперації разом із іншими підходами. Для отримання максимального кураєвого кута змочування необхідно, щоб сили взаємодії двоокису вуглецю з твердою по верхньою конденсатора були слабкіші, ніж сили взаємодії всередині рідини. Ще одним напрямком слугує захист робочих поверхонь від можливого впливу агресивних середовищ і мінімізація корозійно-ерозійних процесів. Це дозволить збільшити інтервали між необхідними регламентними роботами з обладнанням і підвищить надійність його роботи. Усі ці шляхи у комплексі дозволять зберегти продуктивність холодильної машини при зменшенні розмірів конденсатора.

Перелік посилань:

1. Клименко А. В., Зорин В. М. Теплоэнергетика и теплотехника: в 4-х томах, МЭИ, 2017. Т. 4. 552 с.
2. Порутчиков А. Ф. Разработка и анализ эффективности холодильных машин на диоксиде углерода, работающих на уровне температур от -80 до -120 °С: дис. ... канд. техн. наук : МПУ, 2017. 93 с.
3. Ветренко А. А., Антаненкова И. С. Теплотехнические характеристики аппаратов холодильной установки системы кондиционирования воздуха на фторорганическом рабочем веществе. Вестник Международной академии холода. 2017. № 1. С.49-55.

Студент 4 курсу, гр. ТП-61 Ярошевич М.В.
Ст. викл. Голіяд М.Н.

ПАРИЗЬКА УГОДА: ПРІОРИТЕТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ

Паризька угода (2016 р.) - заміна Кіотському протоколу (1997 р.), який не досяг бажаних результатів (не вдалося стримати глобальне потепління, зменшити викиди парникових газів до хоча б задовільного рівня). Особливості цієї угоди, що докорінно відрізняє її від Кіотського протоколу такі: кожна країна самостійно визначає свій внесок у вирішення проблеми зміни клімату на планеті; за невиконання плану не передбачено санкцій, забороняється продаж невикористаних лімітів CO₂, відмінено сталий внесок; основний курс – обмежувати не викиди, а видобуток копалин, спалення яких спричиняє ці викиди.

Згідно аналізу поточних планів країн глобальна температура на планеті в найближчі 2-3 десятиліття зросте на 3°C (при допустимому рівні за угодою 1,5-2°C). Найбільша сумарна доля забруднень припадає на Китай, США, Індію, Росію та Японію. Їх сумарний внесок в загальну емісію парникових газів за 2018 рік складає 58,3% [1]. Значною проблемою також є президентський указ Дональда Трампа про відмову від дотримання США Паризьких домовленостей.

У 2015 році внесок України до Паризької угоди передбачав “скорочення” викидів CO₂ до 60% від рівня 1990 року. Хоча фактичний рівень викидів CO₂ у цьому році уже був на рівні 32%. Тому в 2019 р. почався перегляд Національного Внеску України. Це перша стадія послідовного процесу технологічної підтримки, результатом якого стане розробка плану впровадження нових технологій (із залученням кліматичних інвестицій). Пріоритетними секторами у сфері адаптації обрано водні ресурси та сільське господарство, а у сфері скорочення викидів — відходи та сільське господарство. Наприклад, в напрямку "Скорочення викидів парникових газів (Mitigation) в секторі Сільського господарства" за результатами оцінювання найвищий результат отримали такі 5 технологій: 1) органічне землеробство; 2) технології мінімального обробітку землі (low-till, no-till, strip-till, тощо); 3) виробництво біогазу з відходів тваринництва; 4) виробництво і використання твердого біопалива з відходів сільського господарства; 5) використання інформаційних та телекомунікаційних технологій для скорочення викидів парникових газів у сільському господарстві [2-4].

Перелік посилань:

1. Statistical Review of World Energy 2019.
2. <https://menr.gov.ua/news/33450.html>
3. <https://ua.boell.org/uk/2019/12/18/zabraklo-chasu-dlya-realnikh-diy-klimatichni-peregovori-u-madriddi-sor25>
4. <https://yearbook.enerdata.ru/co2-fuel-combustion/CO2-emissions-data-from-fuel-combustion.html>

ЗАСТОСУВАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ ТЕПЛООБМІННИХ ПОВЕРХОНЬ

Відкладення накипу на теплообмінних поверхнях та їх забруднення створює багато експлуатаційних проблем [1]. Пониження коефіцієнту теплопередачі, погіршення проходження теплоносія (що збільшує навантаження на насос), послаблення теплообміну через забруднені стінки. Як результат це може призвести не тільки до пониження ККД системи, але і до аварійних ситуацій ,по типу перепалу трубок теплообмінника. Таким чином , очистка теплообмінних поверхонь обов'язкова задля нормального функціонування системи та скорочення експлуатаційних затрат.

Одним з багатьох методів очищення теплообмінних поверхонь є використання біоорганічних композицій у якості речовини для чистки. Цей спосіб є одним із найбільш ефективних і дозволяє позбавлятися шламу та накипу на поверхнях котельного та теплового обладнання.

В основі біотехнології лежить молочна кислота, в яку вводять субстрат модифікованих штамів бактерій і ферментів. В результаті бродильних процесів молочна кислота гідролізується до моносахаридів і в ній постійно генеруються органічні монокислоти (мурашина, щавлева, лимонна, виноградна, масляна, молочна, пропіонова, бурштинова, яблучна і т.д.). Склад речовини постійно змінюється у процесі очистки, кожен елемент окремо розщеплює забруднення різного роду. Кислотність такого розчину варіюється у межах рН=2,8-3,5. Дана речовина є екологічно безпечною і не викликає проблем при утилізації відходів.

Принцип роботи очистки полягає в забезпеченні циркуляції розчину по замкнутому контуру. При цьому речовина змінює структуру забруднень та накипу і переводить їх в розчинні сполуки. Після промивки системи речовина утилізується у колектор. Біоорганічна композиція може працювати у інтервалі температур від 20 до 75 °С.

За допомогою подібного біоорганічного розчину можна очищати теплообмінні поверхні котлів (парових, водогрійних), теплообмінних апаратів (пластинчатих та кожухотрубних) та системи опалення. При цьому дана речовина, на відміну від хімічних засобів, не шкодить металу, пластику та іншим матеріалам.

Як висновок можна зазначити, що замість трудомістких та затратних способів очистки, що пов'язані із розбором обладнання, можна використовувати порівняно швидший, безрозбірний метод очистки.

Рекомендується розглядати біоорганічний розчин як заміну кислотно-хімічної промивки ,у зв'язку із його високою ефективністю, екологічною безпечністю та відсутністю шкідливого впливу на обладнання.

Перелік посилань:

1. Предотвращение образования и удаление накипи с поверхностей теплообмена. Электронный ресурс: <http://gisee.ru/articles/energy-solutions/788>.

УДК 697.1

Студент 3 курсу, гр. ТП-71 Кравчук К.С.
Доц., к.т.н. Боженко М.Ф.

СИСТЕМИ ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ

Повітряні системи опалення застосовуються в приміщеннях, які потребують надходження значних витрат повітря, наприклад, в цехах, на складах готової продукції, в актових залах, їдальнях, великих офісах, торгових галереях тощо.

Теплоносієм у системах повітряного опалення є атмосферне повітря, яке нагрівається за рахунок первинного теплоносія – пари чи гарячої води.

В залежності від розташування джерела нагрівання повітря системи повітряного опалення поділяються на центральні і місцеві.

В центральних системах повітря нагрівається до необхідної температури в повітронагрівачах, що розташовані в тепловому центрі будівлі або зовні (при зовнішньому виконанні агрегатів), і подається в приміщення за повітропроводами через повітророзподільники. Перевагою цих систем є відсутність опалювальних приладів у приміщеннях, що обігріваються.

В місцевих системах повітронагрівачі встановлюються безпосередньо у приміщеннях. Їх зазвичай влаштовують у випадках, якщо в приміщеннях відсутня центральна система припливної вентиляції, а також при незначній витраті припливного повітря.

За способом використання зовнішнього повітря системи повітряного опалення поділяються на рециркуляційні, прямоточні і комбіновані.

Комплекс елементів, які розташовуються безпосередньо в опалюваних приміщеннях і призначені для нагрівання та подачі повітря, називають опалювальними агрегатами, що складаються з калориферів, вентиляторів, напрямних і регулювальних лопаток.

Як приклад, виконані розрахунки системи повітряного опалення для промислового цеху внутрішніми розмірами 30 x 16 x 10 м x м x м, що розташований у м. Житомир. Стіни в цеху виконані з безавтоклавного залізобетону товщиною 320 мм, а світлопрозорі конструкції – подвійні застіблення в металевих окремих рамах. Температура внутрішнього повітря в цеху складає 16 °С.

За рівнянням теплопередачі розраховані основні та додаткові втрати теплоти зовнішніми огороженнями, а з рівняння теплового балансу – витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря; отримана в результаті витрата теплоти на опалення цеху складає 132 кВт.

За методикою [1] визначена витрата повітря, яка необхідна для повністю рециркуляційної системи повітряного опалення з температурою 50 °С, що складає 11650 м³/год. За визначеними витратою теплоти на опалення і витратою повітря обираємо 2 повітряних агрегати повітропродуктивність 6300 м³/год і тепловою продуктивністю 80 кВт кожного.

Річна витрата теплоти на опалення цеху з урахуванням роботи з двома змінами та вихідними і святковими днями при зменшенні навантаження у неробочі години та дні складає 201 ГДж/рік. Річна економія витрати теплоти на опалення у порівнянні з варіантом без зниження навантаження в неробочі години і дні складе біля 71 ГДж/рік, або 28 тис. грн/рік (при вартості одиниці теплоти, що відпускається від централізованого джерела тепlopостачання 1654,41 грн/Гкал).

Перелік посилань:

1.Боженко М.Ф. Енергозбереження в тепlopостачанні : Навч. посіб./ М.Ф.Боженко, В.П.Сало. - Київ. : НТУУ «КПІ», 2008. – 268 с.

Студент 3 курсу, гр. ТП-71 Кравчук К.С.
Доц., к.т.н. Гавриш А.С.

ПОРІВНЯННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ КОЖУХОТРУБНИХ ТА ПЛАСТИНЧАТИХ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ

На сьогоднішній день, конструкції сучасних рекуперативних теплообмінних апаратів поверхневого типу безперервної дії досить різноманітні, тому розглянемо тільки найбільш характерні. Найбільш поширені - рекуператорний тип, в якому теплоносії розділені перегородкою. Найпопулярнішим в рекуперативній групі є кожухотрубні теплообмінні апарати (КТТООА).

Принцип дії кожухотрубного теплообмінника полягає в рекуперативному обміні тепловою енергією, який дозволяє нагріти або охолодити практично будь-який носій до необхідної температури. Пристрій може виконувати функції підігрівача, випарника, конденсатора, тощо.

До переваг цього типу апаратів можна віднести наступне: надійність, міцність, відносно невисока вартість; зручні для монтажу форми; значна площа теплообміну при компактних габаритах; робота з речовинами в різних агрегатних станах; механічна стійкість до гідравлічних ударів; можливість використання в забруднених середовищах та інше.

Пластинчасті теплообмінні апарати (ПТООА) бувають: зварні, паяні, розбірні, тощо. Пластинчасті зварні теплообмінники призначені для використання в умовах екстремально високих температур і тисках на установках, параметри яких не дозволяють використовувати ущільнення.

До переваг пластинчастих апаратів відносять: невелику вагу, невеликий габаритний об'єм, застосування тонкостінних теплопередавальних пластин і високий коефіцієнт теплопередачі, підвищений термін служби, легкість технічного обслуговування.

Основним недоліком ПТООА є високі гідравлічні втрати. У зв'язку з чим швидкість води в каналах теплообмінного апарата не повинна перевищувати 0,4 м / с. Отже, це обмежує можливість регулювання теплової потужності і може погіршити масогабаритні характеристики апаратів. При цьому може суттєво зрости швидкість теплоносія. Товщина пластин має середньостатистичне значення 0,5 мм. При цьому мінімальна величина 0,4 мм. Належить прийняти до уваги, що при високих тисках робочих середовищ (на рівні 1,6 МПа) Гостро постають питання щодо жаро і теромостійкості теплообмінних поверхонь. Із міркувань міцності циліндрична оболонка краще протистоїть надлишковим тискам, ніж плоска стінка.

Основними недоліками КТТООА є їх велика маса і габаритні розміри, що в свою чергу ускладнює їх застосування, особливо при високому зростанні цін на квадратні метри площі приміщень в якому розміщується обладнання. Наступною не менш важливою проблемою кожухотрубних теплообмінних апаратів служить наявність температурних напружень, які призводять до розгерметизації секції, щоб уникнути цього на корпусі встановлені лінзові компенсатори, які знижують ці напруження.

З огляду на всі перераховані і незгадані особливості двох видів теплообмінного обладнання, можна сказати: що кожухотрубні теплообмінні апарати економічно вигідніше ніж пластинчасті, але за технічними характеристиками значно поступаються пластинчастим теплообмінникам.

УДК 621.542.622.012.2

Студент 3 курсу, гр. ТП-71 Кравчук К.С.
Ст. викл. Голіяд М.Н.

ЩОДО ЗМІНЮВАННЯ СЕРЕДНЬОЇ ТЕМПЕРАТУРИ СТИСНЕНОГО ПОВІТРЯ В МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДАХ СВРЕ

Величина середньої температури стисненого повітря необхідна для розрахунків втрат тиску в магістральних трубопроводах системи виробництва та розподілу енергоносіїв (СВРЕ). На сьогоднішній день величина $T_{СЕР}$ визначається методом послідовних наближень, задаючись ([1]) наступним вихідним значенням $T_{СЕР} = (0,6...0,8) \cdot T_1$ (відому формулу Шухова $T_2 = T_0 + (T_1 - T_0) \cdot \exp(-ax)$, (де T_0, T_1, T_2 - відповідно наступні температури повітря: атмосферного, стисненого (після компресорної установки (станції) та на вході до цеху; $a = \frac{k\pi d}{m \cdot c_p}$; x - довжина; d - діаметр; k - коефіцієнт

теплопередачі; m - масові витрати) використати для визначення $T_{СЕР} = \frac{1}{L} \int_0^L T dx$ не можна через її неявний вид). Прирівнявши праву частину формули Шухова до полінома 2-ої степені та визначивши його коефіцієнти при $x=0, x=L_{BC}$ та $x=L$ (тобто на початку, всередині та в кінці магістралі), отримаємо наступну апроксимацію вказаної формули:

$$T_2 = Ax^2 + Bx + C; A = \frac{1}{L_{BC} \cdot L - L_{BC}^2} \cdot (T_1 - T_0) \left(0,5 - \frac{2 \cdot e^{L_{BC} \cdot a} - 1}{2 \cdot e^{L \cdot a}} \right);$$

$$B = -A \cdot L - \frac{(T_1 - T_0)}{L} + \frac{(T_1 - T_0)}{L \cdot e^{L \cdot a}}; \text{ та } C = T_1.$$

Розмірності коефіцієнтів такі: A [К/м²], B [К/м] та C [К]. Проведена перевірка показала задовільну узгодженість вихідної формули з отриманим поліномом (достовірність апроксимації $\sim 0,9$).

Таким чином, середню температуру по довжині повітропроводу \bar{t}_L можна, з достатньою для інженерних розрахунків точністю, виконувати із залученням отриманого

полінома: $\bar{t}_2 = \frac{\int_0^L (Ax^2 + Bx + C) dx}{L} = \frac{AL^2}{3} + \frac{BL}{2} + C.$

Результати розрахунку \bar{t}_2 наведені в таблиці ($L = 500$ м).

Період року	$t_1, ^\circ C$	$t_0, ^\circ C$	a, m^{-1}	$A, K \cdot m^{-2}$	$B, K \cdot m^{-1}$	$t_2, ^\circ C$	$\bar{t}_2, ^\circ C$	\bar{t}_2 / t_1
Теплий	100	20	0,004154	0,000267071	-0,27348	30,0	53,9	0,54
Холодний	100	0	0,004154	0,000334	-0,34185	12,5	42,4	0,42
Теплий	60	20	0,003709	0,000116875	-0,12591	26,3	38,3	0,64
Холодний	60	0	0,003709	0,000175312	-0,18887	9,4	27,4	0,46

Видно, що величини відношення \bar{t}_2 / t_1 залежать від величини $(t_1 - t_0)$ та помітно відрізняються від рекомендованих в [1] ($\bar{t}_2 = (0,6...0,8) \cdot t_1$).

Студент 3 курсу, гр. ТП-71 Магера А.Ю., аспірант Чжан Вейце,
Проф., д.т.н. Варламов Г.Б.,

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПАЛИВНИХ ПЕЛЕТ ДЛЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Серед можливих напрямів підвищення енергетичної незалежності держави для України є важливим застосування твердого біопалива, основним видом якого є пелети, які виробляються із спресованих відходів деревообробки, сільського господарства (лузга соняшника, овес, кукурудза) та торфу. Україна вже має певний досвід їх виготовлення та постачання за кордон. Застосування агропелет в країні загальмоване необхідністю встановлення потужних котлів та вирішення питань з дотримання екологічних нормативів спалювання пелет для цілей тепловиробництва [1-4].

При спалюванні агропелет у котлах невеликої потужності побутового призначення утворюється зола та димові гази, в яких налічується пил, частинки не згорівшого палива, шкідливі та парникові гази. Основні проблеми, що виникають під час спалювання пелет, це плавління золи, яка викликає її спікання та призводить до блокувння рухомих елементів топки, відкладання розплавлених часток на конвективних



поверхнях теплообміну, внаслідок чого погіршуються умови тепловіддачі та перегріваються труби.

Основними елементами, що утворюють золу біомаси, є Si, Ca, Mg, K, Na, і P [1-4]. Лужні метали K (калій) і Na (натрій) мають високу реакційну здатність і відіграють головну роль у процесах, пов'язаних як із зольною корозією, так і плавлінням золи. Калій (K) впливає як на вміст твердих часток у викидах, так і на спікання золи, оскільки зменшує температуру розм'якшення золи. Високий вміст хлору (Cl) призводить як до проблеми корозії на теплообмінних поверхнях котлів, так і до формування діоксинів, що потрапляють з димовими

газами у навколишнє середовище. Емісія шкідливих речовин значно збільшується при переривчастому або тактовому згорянні агропелет через низьку ефективність змішування горючих газів і повітря, яке подають в зону горіння.

Для зниження екологічних наслідків використання пелет у системах теплопостачання необхідно облаштування фільтрів затримки сажі й пилу, додавання каталізаторів та домішок, що знижують шкідливі викиди. Автори роботи пропонують застосовувати економайзери контактного типу, які очищають димові гази від твердих часток, пилу, шкідливих газоподібних викидів і одночасно підвищують енергетичну ефективність пелетних котлів на 8-10%, конструкція яких є компактною і надійною у роботі.

Перелік посилань:

1. <http://liberator.ua/ua/vse-pro-peleti/>
2. <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=4299>
3. <https://teplovik.net/ua/articles/32>
4. Гелетуха Г., Крамар В., Епик О. та інш. Комплексний аналіз українського ринку пелет з біомаси.К.-2016,-334С.

Студент 3 курсу, гр. ТП-71 Магєра А..
Доц., к.т.н. Гавриш А.С.

ПЕРЕРОБКА ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ: ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ

Основна світова тенденція сьогодення полягає в отриманні енергії із відходів. Тому термічні утилізація і знешкодження промислових відходів є пріоритетним і перспективним методом. Наприклад, в таких країнах як Швейцарія, Японія, Данія, Швеція цим методом утилізується більше половини всіх твердих побутових відходів (ТПВ). У Франції та США цей показник коливається в межах від 10 до 40 %. Всього в світі працює декілька тисяч сміттєспалюючих заводів, які дозволяють отримувати 130 ТВт×год. електроенергії.

Щорічно кожна людина генерує близько 350 кг сміття за рік. В Україні тільки 5% відходів потрапляє на переробку, решта – на звалища, які вже займають 5 % території країни і містять 14 мільйонів тонн побутових відходів. На даний момент в Україні існує лише 1 сміттєспалювальний завод «Енергія», який знаходиться у м. Київ. Щорічно він спалює 260-280 тис. тонн сміття, що є недостатнім. По всій Україні щорічно викидають 11 млн. тонн сміття, з яких 94% звозять на звалища. Площа офіційних звалищ складає 9 тис. га, неофіційних – 27 тис. га.

З 1 січня 2018 року в Україні запрацювала норма закону "Про відходи", яка зобов'язує сортувати і переробляти сміття. Вирішити цю глобальну для країни проблему можна декількома варіантами:

1. Сортування сміття надає можливість переробити те, що не розкладається у природі: скло, пластик, папір та картон, батарейки, метал. Ці матеріали доцільно відправити на повторну переробку та створити новий продукт.
2. Побудова заводів, які спалюють сміття дозволяє не тільки спростити екологічну задачу, а також може забезпечити місто (або його частину) енергією, що надходить до нас з теплових електростанцій.

У 1996 році в була розроблена концепція комплексних районних теплових станцій (КРТС), задачами яких є масове спалювання ТПВ, ліквідація звалищ та використання теплоти від спалювання сміття. Розроблена технологія базується на спалюванні відходів у обертовій печі з подальшим допалюванням у вихровій камері, утилізацією теплоти в котлі-утилізаторі та високоефективному очищенні відхідних газів відповідно до європейських нормативів. Ця технологія дозволяє інтенсифікувати процеси змішування і зруйнувати небезпечні викиди (діоксини та фурані). Такий варіант розрахований на спалювання 50 тис. тонн ТПВ на рік. Отже, для утилізації сміття в Україні потрібно для кожного міста по декілька КРТС. Існує гостра проблема скорішої побудови по 1 заводу на область потужністю до 300 тис. тонн ТПВ /рік.

Студент 3 курсу, гр. ТП-71 Магєра А..
Ст. викл. Голїяд М.Н.

ОКРЕМИЙ ВИПАДОК РОЗРАХУНКУ ВТРАТ ТИСКУ В МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДАХ СТИСНЕНОГО ПОВІТРЯ

Розглянемо наступне диференційне рівняння першого закону термодинаміки для потоку стисненого повітря в діапазоні його параметрів, коли можна вважати, що густина робочого тіла $\rho \approx const$ (фактично рівняння Бернуллі, яке, в свою чергу, було виведене набагато раніше з законів Ньютона) у вигляді [1,2]:

$$\frac{dp}{\rho} + wdw + gdz + dl_{TP} = 0. \quad (1)$$

Окрім того, відмітимо, що *практично нестисливими* (в плані розрахункових залежностей процесів теплообміну та аеродинаміки) газу можуть вважатися при умові, якщо їх швидкість течії *суттєво менша швидкості розповсюдження звуку* [3] (приймаємо, що швидкість потоку в трубопроводі $w = 12$ м/с (економічно оптимальна [2]), яка приблизно в 20 разів менша швидкості розповсюдження звуку $a = \sqrt{kRT} \approx 20\sqrt{T}$).

Оцінювання порядку величин членів (1) в горизонтальній трубі ($dz = 0$) постійного перерізу та при постійних витратах повітря показало, що членом wdw можна знехтувати.

Прийнявши, що $dl_{TP} = \lambda \frac{w^2 dx}{2d}$ (λ - коефіцієнт опору тертя всередині труби по її довжині; dx - довжина елементарної ділянки труби по осі x , яка співпадає з її віссю; d - внутрішній діаметр труби [2,4]), отримаємо

$$-\frac{dp}{\rho} = \lambda \frac{w^2 dx}{2d}. \quad (2)$$

Використавши рівняння стану для повітря і підставивши наступний вираз $\frac{1}{\rho} = \frac{RT}{p}$ в (2), отримаємо, що його інтеграл дорівнює

$$\Delta p = p_1 - p_2 = p_1 \left[1 - \exp \left(- \frac{\lambda \ell_{TP} \cdot w^2}{RT_{сєр} \cdot d \cdot 2} \right) \right], \quad (3)$$

де $\ell_{TP} = \ell + \frac{d}{\lambda} \sum_1^m \xi_i$; p_1, p_2 - тиск повітря на початку та в кінці ділянки.

Перелік посилань:

1. В.А. Кириллин. Техническая термодинамика [Текст] / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. - М.: Энергия, 1974. - 448 с.
2. Кузнецов Ю.В. Сжатый воздух [Текст] / Кузнецов Ю.В., Кузнецов М.Ю. - Екатеринбург: УрО РАН, 2007. - 512 с
3. С.С. Кутателадзе. Справочник по теплопередаче [Текст] / С.С. Кутателадзе, В.М. Боришанский. - М.: Госэнергоиздат, 1958. - 416 с.
4. М.П. Ковалко. Трубопроводный транспорт газа [Текст] / М.П. Ковалко, В.Я. Грудз, В.Б. Михалків, Д.Ф. Тимків, Л.С. Шлапак, О.М. Ковалко. - К.: Агентство з раціонального використання енергії та екології, 2002. - 600 с.

УДК 697.1

Студент 3 курсу, гр. ТП-71 Мараховська В.Ю.
Доц., к.т.н. Боженко М.Ф.

СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ЦЕХІВ ВЕЛИКОГО ОБ'ЄМУ З ПІДВІСНИМИ ВИПРОМІНЮВАЛЬНИМИ ПАНЕЛЯМИ

Системи опалення з підвісними випромінювальними панелями, у яких використовується вода з температурою до 150 °С, можливо застосовувати для виробничих приміщень слюсарно-механічних, механоскладальних, ремонтних цехів; складів; ангарів та ін.

Обігрівання робочих зон приміщень здійснюється переважно тепловим випромінюванням від панелей, які встановлюються у верхній зоні приміщення та частково по його периметру.

Перевагами променевого опалення є:

- більш рівномірний розподіл температур повітря по горизонталі та вертикалі приміщень;
- зниження рухомості повітря, завдяки чому зменшується перенос шкідливих речовин (пилу) у приміщенні;
- відсутність нагрівальних приладів у робочій зоні;
- забезпечення комфортних умов у приміщенні при температурі, яка на 2 – 3 °С нижча за нормовану.

Випромінювальні панелі, які можуть бути змійовиковими або колекторними, містять нагрівальні труби, гофрований чи плоский екран і теплову ізоляцію. Панелі встановлюють горизонтально під покриттям приміщення і нахилено на стінах або на колонах. Горизонтальні панелі з'єднуються за однотрубною схемою, а нахилені – за двотрубною або однотрубною.

Як приклад, виконані розрахунки системи опалення з випромінювальними панелями для промислового цеху внутрішніми розмірами 24 x 20 x 5, 9 м, що розташований у м. Києві. Стіни виконані з великих шлакобетонних блоків товщиною 300 мм, а світлопрозорі конструкції – одинарні металеві рами. Температура внутрішнього повітря 18 °С, кратність повітрообміну – 0,5 год⁻¹. Теплоносій – гаряча вода з розрахунковими температурами 150/70 °С.

Для розміщення у приміщенні обрані опалювальні панелі з гофрованим екраном розмірами 2,3 x 0,6 x 0,1 м тепловою потужністю кожної по 1080 Вт.

За рівнянням теплопередачі розраховані основні та додаткові втрати теплоти зовнішніми огороженнями, а з рівняння теплового балансу – витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря, отримана в результаті витрата теплоти на опалення приміщення складає 62 кВт.

За методикою [1] визначені:

- сумарне теплове навантаження опалювальних панелей $Q_n = 50,2$ кВт;
- кількість нахилених панелей $n_n = 20$ шт;
- кількість горизонтальних панелей $n_n = 20$ шт.

Річна витрата теплоти на опалення цеху з урахуванням роботи з двома змінами та вихідними і святковими днями при зменшенні навантаження у неробочі години та дні складає 326 ГДж/рік. Річна економія витрати теплоти на опалення у порівнянні з варіантом без зниження навантаження в неробочі години і дні складе біля 100 ГДж/рік або біля 40 тис. грн/рік (при вартості одиниці теплоти 1654,41 грн/Гкал).

Перелік посилань:

1.Боженко М.Ф. Енергозбереження в теплопостачанні : Навч. посіб./ М.Ф.Боженко, В.П.Сало. - Київ. : НТУУ «КПІ», 2008. – 268 с.

УДК 658.567.1

Студент 3 курсу, гр. ТП-71 Мараховська В.Ю.
Ст. викл. Голіяд М.Н.

ОПТИМАЛЬНИЙ НА СЬОГОДНІШНІЙ ДЕНЬ СПОСІБ УТИЛІЗАЦІЇ ТПВ

В літературі [1] відмічаються такі основні способи утилізації твердих побутових відходів (ТПВ): захоронення на полігонах, комплексне сортування з переробкою виділених компонентів, біотермічне компостування та сміттєспалювання.

Захоронення на полігонах, на жаль - найпоширеніший спосіб утилізації в Україні (більше 90 % всього об'єму ТПВ; 4157 паспортизованих полігонів, 3298 несанкціонованих; загальна площа - *більша* о. Кіпр; земля не підлягає рекультивації; розсадник гризунів, забруднюють водойми; звалища можуть самозайматися).

Сортування з переробкою отриманих компонентів. Мета сортування - добування зі всієї маси ТПВ утильних компонентів (металів, паперу, пластмаси, скла, текстилю та т.п.) та використання як сировини для різних галузей господарства. *Індивідуальне сортування* (в місці збору ТПВ) в Україні практично *відсутнє*. Діють тільки 15 офіційних та 60 нелегальних спеціалізованих сортувальних ліній.

Середні витрати на перші 2 способи в розвинутих країнах складають ~ 350 \$/т.

Біотермічне компостування. Кінцевий продукт - органічне добриво (підлягає до 67 % маси ТПВ). Відбувається в біотермічному барабані із залученням аеробних мікроорганізмів. На жаль, отримуваний компост *не придатний* до використання для вирощування продуктів *харчування* (підвищений вміст кадмію та цинку у вирощених овочах; як виняток може застосовуватися для вирощування квітів).

Сміттєспалювання. На сьогодні - *оптимальний* (після розробки нових котлоагрегатів з обертовими валками під колосниками) спосіб утилізації ТПВ, який в повній мірі відноситься до *природоохоронних*. Теплота згоряння ТПВ змінюється від 3350 до 7120 кДж/кг. Для створення необхідних температурних умов для знешкодження шкідливих речовин у вихідних газах, в топку додається природний газ або мазут (річні витрати цього палива складають 4-6% від витрат ТПВ). Отримана в котлах теплота утилізується, а зола та шлаки використовуються для виготовлення облицювальних склоплит. Метал, що знаходиться в рідкому стані на дні шлакової ванни в кількості 25 кг/(т. ТПВ) (у вигляді злитків) здається підприємствам вторсировини. Спалювання ТПВ відбувається при $T \geq 850^{\circ}C$ (якщо після спалювання ТПВ димові гази будуть знаходитися на протязі не менш 2 с при цій температурі, то діоксини і фурани практично не утворюються через розкладання складних хлор-, фтор- та вуглевоневих з'єднань в нейтральні речовини). В Японії, на сьогоднішній день, *вся маса ТПВ* країни *знешкоджується* другим та четвертим способом їх утилізації. Полігони - повністю відсутні. В Україні зараз в експлуатації 1 сміттєспалювальний завод в Києві, запущений в 1986 р. та робота якого подовжена на 12 років. У Львові будується ще один такий завод.

Перелік посилань:

1. Шерстобитов М.С. Способы утилизации твердых бытовых отходов/ Шерстобитов М.С., Лебедев В.М.//Транспортная энергетика.- 2011.- № 3(7).- С. 79-84.

Студент 3 курсу, гр. ТП-71 Мараховська В.Ю.; студент 3 курсу, гр. ТП-71 Заболотний О.А.

Доц., к.т.н. Гавриш А.С.

ПРО ПЕРСПЕКТИВИ ПРОМИСЛОВОГО ВИКОРИСТАННЯ КОЖУХОПЛАСТИНЧАТИХ АПАРАТІВ

Останнім часом в кліматичних системах все частіше використовують саме пластинчасті теплообмінники. Вони мають менші масогабаритні характеристики порівняно з кожухотрубними аналогами при більшій теплопередаючій поверхні, тому є більш практичними і ефективними у застосуванні.

Пластинчасті теплообмінники використовуються у різноманітних сферах людської діяльності, наприклад, таких як:

- Нафтовидобувна промисловість. Теплообмінник використовують для охолодження добутих ресурсів.
- Металургія та машинобудівництво. Охолоджують верстати та техніку за допомогою теплообмінника.
- Харчова промисловість. Теплообмінники, наприклад, входять до складу пастеризаційних установок.
- Суднобудування. Теплообмінні апарати охолоджують різне обладнання та нагрівають морську воду на кораблях.
- Опріснення. Очищення морської води до стану прісної.

Використання кожухопластинчатих апаратів дозволяє вирішити певний ряд проблем та досягти покращення роботи теплообмінного обладнання в цілому. Ці апарати мають:

- Високу стійкість до циклічних навантажень;
- Малу вагу;
- Високий коефіцієнт теплопередачі;
- Відсутність ущільнень між теплообмінними пластинами;

Для них характерним є те, що теплові та гідравлічні напруги розподілені більш рівномірно ніж у випадку класичних пластинчатих теплообмінників. При цьому знижується ризик утворення тріщин. Вони вимагають менший обсяг зварювальних робіт при виготовленні і монтажі, при цьому мінімізується утворення усадочних раковин і опір при кристалізації. Використання турбулентних потоків, окрім високої швидкості теплообміну, призводить до більш вираженого ефекту самоочищення і сприяє мінімізації різниці температур. Як наслідок, ці апарати мають зменшені габарити за умови дотримання аналогічної продуктивності порівняно з іншими типами теплообмінників.

Їх перевагами відносно інших типів теплообмінників є: високі граничні експлуатаційні характеристики; висока ефективність, яка притаманна пластинчастим теплообмінникам; висока надійність, як у випадку кожухотрубних теплообмінників; також розділові пластини дозволяють організувати багатозонову схему руху робочих середовищ.

В цілому, заміна теплообмінних апаратів старого типу на більш новітні, кожухопластинчасті, зробить роботу на різноманітних виробництвах та підприємствах більш безпечною, ефективною та зручною, аніж при використанні звичайних теплообмінників.

Студент 3 курсу, гр. ТП-71 Мараховська В.Ю.; студент 3 курсу, гр. ТП-71 Заболотний О.А.

Доц., к.т.н. Гавриш А.С.

КОЖУХОПЛАСТИНЧАТІ ТЕПЛОБМІННІ АПАРАТИ: ПРИНЦИП ДІЇ І ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ

Кожухопластинчаті теплообмінники застосовуються для теплообміну між різноманітними рідкими і газоподібними середовищами. Найбільш широко вживаним представником такого типу апаратів є саме розбірні теплообмінники. Окрім високого коефіцієнта теплопередачі, перевагами розбірних кожухопластинчатих теплообмінників є зручність обслуговування, можливість зміни потужності, компактність і стійкість до вібрації. Основними схемами кожухопластинчатих апаратів для різних процесів та теплоносіїв є наступні, які наведені на рисунку:

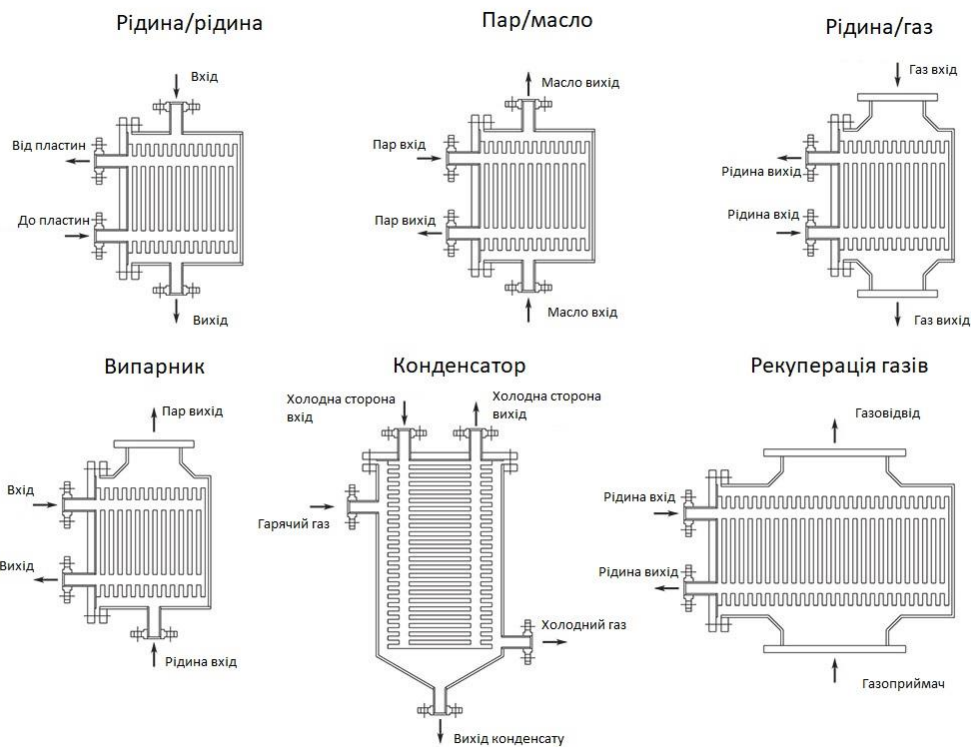


Рисунок. Типові схеми руху теплоносіїв в кожухопластинчатих теплообмінних апаратах.

Наведені схеми демонструють можливість застосування різноманітних процесів та як наслідок різнобічне широке використання подібного теплообмінника в різних галузях промисловості. Важливою перевагою являється можливість роботи із широким спектром теплоносіїв різного агрегатного стану і температурного діапазону. Кожухопластинчатий теплообмінник може використовуватись як для теплообміну між рідинами та газами, так і між парою та мастилами тощо. Широкого використання теплообмінник подібного типу набув як випарник та конденсатор. Існує можливість надходження рідини до теплообмінника із подальшим підігрівом до температури насичення і подальшим перетворенням її на насичену і перегріту пару. З іншого боку надаються широкі можливості для організації процесу конденсації з подальшим переохолодженням конденсату.

Таким чином, кожухопластинчаті теплообмінники поєднують в собі високу ефективність з надійністю і широким діапазоном граничних робочих параметрів.

Студент 3 курсу, гр. ТП-71 Мішко П.І.
Доц., к.т.н. Гавриш А.С.

ПРО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАЛЬНИХ РОБОЧИХ ТІЛ СТВОРЕНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТІВ

Останнім часом в промисловості та побуті часто використовують реальні робочі тіла (РРТ), створені із використанням холодильних агентів. Багатограння таких речовин ставить актуальні задачі дослідження їх робочих властивостей. Цій меті присвячено ряд наукових та інженерних робіт, які потребують подальшого розвитку.

Порівняно із водяною парою реальні робочі тіла мають ряд переваг. В першу чергу для РРТ як в паровій фазі, так і в рідині існує можливість легкого видалення газів, які не конденсуються. Вплив цих газів на точність вимірювання параметрів РРТ легко мінімізується. Окрім цього, теплота пароутворення хладонів є суттєво нижчою ніж у води. Тому однакова паропроодуктивність РРТ і водяної пари потребує значно менших затрат на користь перших тіл. Однак існує вимога до чистоти хладонів на рівні – не нижче ніж 99,5%. Із цією метою РРТ проходять попереднє очищення, шляхом подвійної дистиляції і пропуску через силікагелеві фільтри. До недоліків роботи із хладонами відноситься потреба ретельної герметизації обладнання внаслідок великої текучості РРТ.

Вивчення властивостей реальних робочих тіл на основі хладонів потребує створення нових експериментальних стендів, або суттєву модернізацію існуючих. В цьому контексті розглядається декілька основних напрямків і методологій проведення досліджень. Наприклад, для стендів із природньою циркуляцією на горизонтальних трубах створюється одно контурна установка із ретельним термостатуванням робочого об'єму для знаходження р-Т характеристик. Для природньої циркуляції на вертикальних трубах залишаються ті ж самі вимоги що і в попередньому випадку але при цьому застосовується різнобічне розподілене підведення пари. Для вимушеної циркуляції перевага надається великомасштабним контурам, що дозволяє працювати із різнорідними рідинами. Для всіх основних вузлів обладнання використовують охороні нагрівники. Для стенду в цілому передбачається наявність автономної системи очищення і зберігання хладонів. Важливим елементом досліджень є наявність візуалізації процесу і можливість варіювання матеріалу і розмірами трубчастих поверхонь.

Для експериментальних досліджень теплообміну при конденсації пари різноманітних речовин в широкому діапазоні температур насичення важливим елементом досліджень є можливість використання не тільки гладких, а ще і оребрених поверхонь. Для РРТ на основі хладонів в першу чергу обирались поверхні із латуні та дюралюмінію які попередньо знежирювались і утримувались в дистиляті. Досліджувані циліндричні поверхні повинні бути різної геометрії, довжини, і з можливістю варіювання параметрів оребрення. При плівковій конденсації в тестових дослідах виникала необхідність визначення густини зрошення, числа Рейнольдса плівки, висоти максимального, повного і середнього затоплення бокової поверхні ребер, кута капілярного затоплення і площі бокової поверхні ребер яка не затоплювалась рідиною. Досліди із визначення капілярного утримання рідини від геометричних характеристик оребрення супроводжувались знаходженням теплообмінних характеристик.

Перспективним напрямком досліджень є можливість використання теплообмінних поверхонь із спеціальним типом оребрення, яке б дозволяло змінювати режим конденсації на псевдо плівковий і навіть псевдо краплинний для РРТ.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НАНОТЕХНОЛОГІЙ

Енергетична галузь в сучасному світі є однією з найбільш перспективних з точки зору застосування нанотехнологій. Звичайні матеріали, такі як метали, кераміка, полімери, тощо в більшості випадків не здатні забезпечити поєднання вимог, пов'язаних з ефективним перетворенням і зберіганням енергії при мінімальній дії на оточуюче середовище. Новітні матеріали, створені із використанням наноструктур мають ряд переваг. В першу чергу вони дозволяють отримати унікальні властивості, наприклад, такі як малу питому вагу, добру електро- і теплопровідність, високу хімічну, термічну і механічну стабільність, тощо. Такі матеріали мають змогу використовувати так звані «розумні» компоненти і створювати синергетичні ефекти. Розвиток сучасних нанотехнологій дозволяє вирішити багато проблем, які здатні вплинути на енергетичну галузь з урахуванням економічних, екологічних аспектів, безпеки людської життєдіяльності, та ін.

Найбільш розповсюдженими і вивченими на сьогоднішній день є наноструктуровані вуглеводи (наприклад, активований вуглець), вуглеводні нанотрубки (УНТ), нанотрубки на основі міді (CuO) та алюмінію (Al₂O₃) і графен. Найважливішою характеристикою наноматеріалу, який має перспективу ефективного використання в системах отримання, перетворення і зберігання енергії є його питома поверхня. Від величини цього параметру залежить можливість застосування даного матеріалу в якості електроду в таких електрохімічних системах перетворення і зберігання енергії, як сонячні елементи, горючі елементи і суперконденсатори. Для суперконденсаторів в першу чергу розглядаються типи вуглецевих наноструктур.

Ключовим елементом гібридних двигунів є суперконденсатор, для використання накопичення електричної енергії під час гальмування автомобіля, при прискоренні і подоланні підйому. Конструкція включає в себе електроди, які виготовлені з пористого матеріалу і розділені сепаратором, струмові колектори і прокладки, які попереджують замикання електродів. Замість діелектрика в суперконденсаторі використовують сепаратор, який поміщений в електроліт. При зарядці такого конденсатора, під дією зовнішньої напруги іони різного знаку осідають на протилежних електродах.

Сонячний елемент є найбільш безпечним засобом отримання електричної енергії. Найбільш розповсюдженими матеріалами, які використовуються в сонячних елементах є кремній, арсенід галію, сульфід.

Літєві батареї повністю завоювали ринок батарей, які перезаряджаються для портативної електроніки. Літій – іонні батареї мають достатньо тривалий час функціонування, але при цьому не можуть повністю забезпечити електричні параметри, які необхідні для автотранспорту чи стаціонарної енергетики. Наприклад в якості накопичувачів в системах поновлення енергії, на параметри їхнього функціонування можуть вплинути час доби і погодні умови.

Вирішення даних питань залежить від розробки ефективних підходів до маніпуляцій з наночастинками. Суттєвим також є розвиток методів синтезу вуглеводних наноматеріалів і композитів на їх основі з певними фізико – хімічними характеристиками. Зусилля світового наукового суспільства, спрямовані в даному напрямку, призведуть до появи нових типів енергетичних систем, які будуть засновані на використанні вуглеводних наноматеріалів.

УДК 621.5

Студент 2 курсу, гр. ТП-81 Трущуненко І.О.
Доц., к.т.н. Соломаха А.С.

ПРИНЦИП РОБОТИ ДВИГУНА СТІРЛІНГА

Двигун Стірлінга – це теплова машина, яка може працювати від довільного джерела тепла. Даний тип двигуна відноситься до двигунів зовнішнього згорання – процес згорання палива відбувається в окремих зовнішніх робочих елементах. Двигун Стірлінга може працювати в широкому діапазоні різниці температур.

Джерело тепла нагріває газ в правій частині теплообмінного циліндра. Газ розширюється і через трубку тисне на робочий поршень. Поршень штовхає шатун і повертає маховик. При цьому одночасно рухається витіснювальний поршень. Він витісняє газ з нагрівної частини теплообмінного циліндра в його холодну частину, яка обладнана ребренням. Теплообмінний поршень заповнений теплоізоляційним матеріалом. Газ охолоджується, створюючи зворотне зусилля на робочий поршень, поршень повертається в початкове положення і цикл повторюється спочатку.

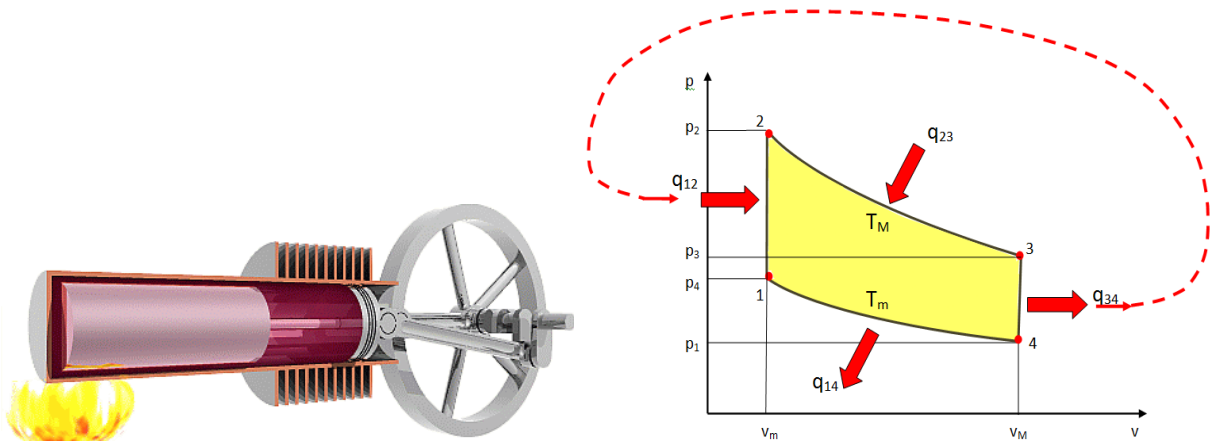


Рисунок – Зовнішній вигляд та цикл двигуна Стірлінга

Розглянемо теоретичний термодинамічний цикл двигуна Стірлінга з повною регенерацією. Якщо можна було б відновити q_{34} , щоб повторно застосувати цю енергію під час нагріву в процесі 1-2, можна було б заощадити тепло q_{12} . В такому разі при наявності 100% регенерації, ефективність циклу Стірлінга дорівнює ефективності циклу Карно.

Ефективний ККД двигуна, в 2 ... 4 рази перевершує ККД двигунів внутрішнього згорання. Цю перевагу особливо помітно при потужностях менше 1 кВт. Внутрішній об'єм двигуна Стірлінга герметичний, тому він захищений від забруднення пилом і продуктами згорання, а також сам є абсолютно екологічно чистим. Він безшумний так як не має вихлопу та складається з відносно невеликої кількості деталей, а також не вимикається при перенавантаженнях. Спосіб зовнішнього підведення тепла обумовлює важливу особливість двигуна Стірлінга – він може працювати на будь-якому паливі або використовувати енергію сонячних променів.

Але він має і недоліки, одна з основних: великі габаритно-масові параметри.

Мол. вчений Притула Н.О.
Проф., д.т.н. Безродний М.К.

УТИЛІЗАЦІЯ ТЕХНОГЕННИХ ПОВІТРЯНИХ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛОТИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

В умовах зростаючого дефіциту та росту цін на традиційні джерела енергії, посилення вимог до забезпечення екологічної чистоти технологічних процесів і охорони навколишнього середовища, зростання потреб споживача в тепловій енергії, проблема енергозбереження для економіки України стає дуже актуальною. Одним із найбільш ефективних видів сучасної техніки нетрадиційної енергетики є теплові насоси (ТН) завдяки їх можливості використовувати поновлювану та нетрадиційну енергію [1,2].

Науково-дослідницькі розробки, що пов'язані з впровадженням теплонасосної технології генерації теплоти за рахунок утилізації техногенних повітряних джерел, перебувають на стадії окремих проектних рішень і практичних застосувань. У наявній літературі є лише поодинокі дослідження без узагальнення одержаних результатів та поширення їх на решту систем [1]. Таким чином, виконаний аналіз досліджень у сфері застосування ТН у системах теплопостачання показав, що дане питання є відкритим.

На основі методу балансних рівнянь розроблено теоретичну модель схемного рішення теплонасосної системи (ТНС) теплопостачання (рис.1), а також методику термодинамічного аналізу їхньої роботи. З використанням числового методу отримано дані щодо ефективності застосування ТН у системі теплопостачання та визначено оптимальну глибину використання техногенних повітряних викидів, як нижнього джерела енергії.

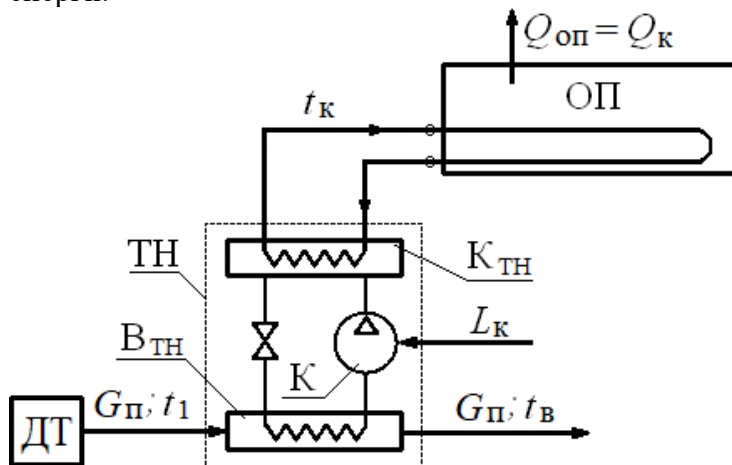


Рис. 1. Принципова схема теплонасосної системи опалення, що працює за рахунок утилізації техногенних повітряних джерел теплоти:
ОП – опалюване приміщення, ДТ – джерело теплоти;
ТН – тепловий насос,
КТН – конденсатор ТН,
ВТН – випарник ТН,
К – компресор.

Встановлено, що при утилізації теплоти техногенних повітряних джерел заданої витрати і температури в ТНС теплопостачання існує оптимальна глибина охолодження теплоносія у випарнику ТН за умов отримання максимального корисного ефекту з урахуванням затрат первинної енергії палива на привід ТН.

Отримано залежність оптимального ступеня охолодження теплоносія нижнього джерела енергії у випарнику ТН від температур джерела теплоти та теплоносія в системі опалення при розрахунковому режимі опалення.

Перелік посилань:

1. Гершкович В.Ф. Тепловые насосы. Реализованные проекты и нереализованные возможности / В.Ф. Гершкович. – К.: ЗНИИЭП, 2004. – 34 с.
2. Безродний М.К., Притула Н.О. Термодинамічна та енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 272 с.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ №1 АТОМНА ЕНЕРГЕТИКА	3
Оцінка активності Pu-239 поверхневого шару бетону шахти реактору типу ВВЕР-1000.	4
<i>БЄЛИХ Д.О., аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Шляхи підвищення ефективності паливних завантажень в реакторах типу ВВЕР-1000.	5
<i>БАСЮК Р.В., магістрант гр. ТЯ-81мн</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Розробка інформаційної бази даних для забезпечення демонтажа обладнання АЕС.	6
<i>ГАВЛІЧУК Д.В., магістрант гр. ТЯ-81мн</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Філатов В.І.</i>	
Пружно-пластичний розрахунок та діаграма деформування нової і типової сталей корпусів реакторів типу ВВЕР.	7
<i>ДАНИЛЕНКО В.С., магістрант гр. ТЯ-81мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Оцінка технічного стану мостового крану кругової дії в/п 320/160/2x70 т енергоблоку №1 ВП ХАЕС з метою продовження строку експлуатації.	8
<i>ЗАЦАРИННИЙ Р.В., магістрант ТЯ-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Оцінка заходів по підвищенню безпеки енергоблоку №5 ВП ЗАЕС в умовах продовження експлуатації.	9
<i>КВІТКА В.А., магістрант гр. ТЯ-81мн</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.ф.-м.н. Бібік Т.В.</i>	
Аналіз впливу невизначеності та чутливості спектрального ефекту на макроскопічні перерізи ТВЗ ВВЕР-1000	10
<i>КУХОЦЬКА О.В., магістрант гр. ТЯ-81мн</i>	
<i>Керівники – доц., к.т.н. Коньшин В.І., асис., к.т.н. Овдієнко Ю.М</i>	
Застосування турбопривідних аварійних живильних насосів в схемах АЕС з ВВЕР-1000.	11
<i>МАНДРИЧЕНКО К.Е., магістрант гр. ТЯ-81мн</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Клевцов С.В.</i>	
Безпека комп'ютерних мереж з динамічною адресацією за протоколом ІР.	12
<i>Семко Є.М., магістрант гр. ТЯ-91мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Analysis of the radiation monitoring system of ZNPP.	13
<i>MASLYHA Y.O., master гр. ТЯ-91мн</i>	
<i>Scientific chief - sen. lect. Shilyna L.I.</i>	
Нейтронно-фізичні характеристики завантажень ВВЕР-1000 паливом ТВЗА-12 та обґрунтування безпеки їх експлуатації на українських АЕС.	14
<i>ВЕРШНЯК В.Л., магістрант гр. ТЯ-91мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Халімончук В.А.</i>	
Імовірнісна оцінка можливості ремонтів СВБ на потужності з використанням конфігураційних моделей.	15
<i>ЗАВАЛЬНЮК С.М., магістрант гр. ТЯ-91мн</i>	
<i>Керівник - доц., д.т.н. Халімончук В.А.</i>	
Аналіз процедури відновлення під час аварії з малою течєю теплоносія першого контуру реакторної установки ВВЕР-1000.	16

<i>КНЬОВЕЦЬ Д.В., магістрант гр. ТЯ-91мп</i> <i>Керівник - асист., к.т.н. Овдієнко Ю.М.</i>	
Обґрунтування консервативного розподілу ізотопного складу в ТВЗ ВВЕР-440 для аналізу ядерної безпеки систем зберігання палива.	17
<i>МАМЧИЧ Ю.Р., магістрант гр. ТЯ-91мп</i> <i>Керівник - асист., к.т.н. Овдієнко Ю.М.</i>	
Використання методів непрямой оцінки для підтвердження сейсмостійкості тепломеханічного обладнання реакторної установки ВВЕР-1000.	18
<i>МАСЛИГА Ю.О., магістрант гр. ТЯ-91мп</i> <i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Сахно О.В.</i>	
Організація водно-хімічного режиму 2-го контуру для надійної та безпечної експлуатації парогенераторів .	19
<i>ОМЕЛЬЧУК Е.О., магістрант гр. ТЯ-91мп</i> <i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Сахно О.В.</i>	
Визначення технічного стану гідроємності САОЗ реакторної установки ВВЕР-1000 з метою продовження терміну експлуатації.	20
<i>ПАПЕЖУК Д.П., магістрант гр. ТЯ-91мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Аналіз можливості позакорпусного охолодження корпусу реактора ВВЕР-1000 (В-320) при важкій аварії.	21
<i>ПОТОСКУЄВ В.С., магістрант гр. ТЯ-91мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Віброшумовий аналіз за допомогою детектора прямого заряду.	22
<i>СУЛЬЖИК Т.О., магістрант гр. ТЯ-91мп</i> <i>Керівник - асист. Гуменюк Д.В.</i>	
Визначення ефективних стратегій управління важкими аваріями в басейні витримки на АЕС с ВВЕР-440.	23
<i>ТКАЧ О.С., магістрант гр. ТЯ-91мп</i> <i>Керівник - асист. Гуменюк Д.В.</i>	
Дослідження можливості виходу реакторної установки на повторну критичність внаслідок підживлення парогенератору від МНУ в умовах повного знеструмленн.	24
<i>ФІЛОНЮК Д.А., магістрант гр. ТЯ-91мп</i> <i>Керівник - асист. Гуменюк Д.В.</i>	
Аналіз ефективності роботи модернізованої системи радіаційного контролю на енергоблоках РАЕС.	25
<i>БАБІК Р.І., студент гр. ТЯ-61</i> <i>Керівник - асист. Остапенко І.А.</i>	
Технології поведження з відпрацьованим ядерним паливом на блоках ЮУАЕС.	26
<i>БУКАТИЙ В.А., студент гр. ТЯ-62</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Впровадження стратегії РУТА в протиаварійну діяльність АЕС.	27
<i>ІВАНОВА М.В., студент гр. ТЯ-61</i> <i>Керівник - асист., к.ф.-м.н. Гашимов А.М.</i>	
Аналіз достатності реальних теплофізичних параметрів АкЗ ВВЕР-1000 для визначення часу переходу у Важку Аварію.	28
<i>КАПІНОС Н.О., студент гр. ТЯ-61</i> <i>Керівник - асист. Гашимов А.М.</i>	
Фізичний захист при транспортуванні радіоактивних матеріалів.	29
<i>КОВЧ Т.Д., студент гр. ТЯ-61</i>	

<i>Керівник - асист., к.ф.-м.н. Овдієнко Ю.М.</i>	
CFD-Моделювання течії і теплообміну в ТВЗ реактору ВВЕР-1000.	30
<i>КРАСИКОВ В.В., студент гр. ТЯ-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Баранюк О.В.</i>	
Інтенсифікація теплообміну в парогенераторах АЕС.	31
<i>ЛАЗАРЄВ Є.С., студент гр. ТЯ-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Новаківський Є.В.</i>	
Впровадження ядерного палива виробництва компанії "Westinghouse".	32
<i>МАЛЯР І.В., студент гр. ТЯ-62</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Матеріали оболонок ТВЗ для перспективних ядерних реакторів IV покоління.	33
<i>МУШТУК П.М., студент гр. ТЯ-61</i>	
<i>Керівник - асист., к.ф.-м.н. Федоров Д.О.</i>	
Забезпечення охолодження басейну витримки при заміні неущільнених стелажів для зберігання відпрацьованого ядерного палива на ущільнені.	34
<i>ПАЛАМАРЧУК М.М., студент гр. ТЯ-61</i>	
<i>Керівник - асист. Алексеїк О.С.</i>	
Новітні системи відводу теплоти.	35
<i>ПЕТРИВСЬКИЙ Р.І., студент гр. ТЯ-62</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Моделювання важких аварій в басейні витримки відпрацьованого ядерного палива АЕС.	36
<i>ПИЛЮК П.А., студент гр. ТЯ-61</i>	
<i>Керівник - асист., к.ф.-м.н. Овдієнко Ю.М.</i>	
Існуючі рішення стійкого до аварій палива для легководних реакторів.	37
<i>РОЗВАЗКИЙ Я.В., студент гр. ТЯ-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.ф.-м.н. Федоров Д.О.</i>	
Безпека комп'ютерних мереж з динамічною адресацією за протоколом IP.	38
<i>СИТНИК В.О., студент гр. ТЯ-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Новаківський Є.В.</i>	
Керування полем енерговиділення при маневруванні потужністю.	39
<i>ЯТЧЕНКО М.О., студент гр. ТЯ-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Radioactive graphite as a fuel for the ion drive.	40
<i>ZELENTSOV D.V., student гр. ТЯ-72</i>	
<i>Scientific chief - lect. Shilina L.I.</i>	
Виникнення руйнівної кавітації в спринклерній системі герметичного об'єму енергоблоку з реактором типу ВВЕР-1000.	41
<i>ЗЕЛЕНЦОВ Д.В., студент гр. ТЯ-72</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Лещенко Б.Ю.</i>	
Реакції термоядерного інерційного синтезу.	42
<i>КВЯТКОВСЬКИЙ Б.Б., студент гр. ТЯ-71</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Лещенко Б.Ю.</i>	
Перспективи розвитку каналних уран-графітових реакторів.	43
<i>ФЕДОТОВ В.В., студент гр. ТЯ-81; ЯВОРСЬКИЙ М.О., студент гр. ТЯ-81</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Фуртат І.Е.</i>	
Аналіз ризик-інформованого керування конфігурацією ядерної енергетичної установки з метою підвищення коефіцієнту використання встановленої потужності.	44
<i>ОСТАПОВЕЦЬ А.О., магістрант гр. ТЯ-91мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	

Оцінка безпеки персоналу АЕС у випадку аварійного викиду токсичних хімічних речовин.	45
<i>ОДИНЕЦЬ В.В., магістрант гр. ТЯ-91мн</i>	
<i>Керівник - , к.т.н. Сахно О.В.</i>	
Оцінка стану тепломеханічного обладнання допоміжних систем ГЦН ЯЕУ з реактором ВВЕР-1000 з метою подовження терміну експлуатації.	46
<i>МИКИТЮК І.О., магістрант гр. ТЯ-91мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Моделювання ТВЗ з ВЯП різних виробників в розрахунковому кодi Monte Carlo Serpent.	47
<i>ЛЕЩЕНКО Д.В., магістрант гр. ТЯ-91мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Носовський А.В.</i>	
Обґрунтування встановлення пасивних систем безпеки на АЕС.	48
<i>ГОРБАЧИК С.О., магістрант гр. ТЯ-91мн</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Халімончук В.А.</i>	
Дослідження шляхів локалізації розплаву коріуму всередині корпусу реактору для реакторної установки типу ВВЕР-440.	49
<i>РИЖКО А.В., магістрант гр. ТЯ-91мн</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Сахно О.В.</i>	
Підготовка HI-TRAC 190 і HI-STAR 190UA для транспортування з ЦХОЯТ на майданчик АЕС.	50
<i>ЯКИМЧУК А.О., студент гр. ТЯ-62</i>	
<i>Керівник - ас., Остапенко І.А.</i>	
Шляхи підвищення глибини вигорання палива в реакторах типу ВВЕР.	51
<i>РЕДЬКА І. М., студент гр. ТЯ-61</i>	
<i>Керівник - ас. Овдієнко Ю. М.</i>	
Моделі прогнозування кризи течі теплоносія з надкритичними параметрами.	52
<i>ФЕДОРОВ Д.О., аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Туз В.О.</i>	
Використання нанорідин в якості теплоносіїв.	53
<i>ВІКТОРОВ Я.О., студент гр. ТЯ-62</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Семеняко О.В.</i>	
Використання нанорідин на АЕС.	54
<i>РІЗНИЧЕНКО А.С., студент гр. ТЯ-62</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Семеняко О.В.</i>	
СЕКЦІЯ №2 ЯДЕРНА ЗАХИЩЕНІСТЬ ТА НЕРОЗПОВСЮДЖЕННЯ	55
Аналіз недоліків системи обліку і контролю ядерних матеріалів.	56
<i>ТЕРЗІ В.А., магістранта 5 курсу ТЗ-92 МП</i>	
<i>Керівник – ст.викл., к.т.н. Клевцов С.В.</i>	
Роль проектної загрози у забезпеченні фізичного захисту ядерних установок.	57
<i>БОРЗЕНКОВ В.В., магістрант гр. ТЗ-391мп</i>	
<i>Керівник - асист. Серафін Р.І.</i>	
Розробка методики отримання гамма квантів заснованої на явищі гальмівного випромінювання.	58
<i>ГОНЧАРУК В.Г., магістрант гр. ТЗ-91мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.ф.-м.н. Хоменков В.П.</i>	
Інформаційна безпека в сфері фізичного захисту ядерних установок.	59
<i>КАЗАКОВ А.А., магістрант гр. ТЗ-392мп</i>	

<i>Керівник - ст.викл., к.ф.-м.н. Хоменков В.П.</i>	
Застосування систем радіаційного контролю для виявлення несанкціонованих дій з ядерними та радіоактивними матеріалами.	60
<i>КОВРІГІН В.В., магістрант гр. ТЗ-91мп</i>	
<i>Керівник - асист., Остапенко І.А.</i>	
Реконструкція та технічне переоснащення автоматизованих інженерно-технічних засобів.	61
<i>КОЛПАКОВ П.С., магістрант гр. ТЗ-391мп</i>	
<i>Керівник - , асистент, Серафін Р.І.</i>	
Розробка методів підвищення рівня фізичного захисту пункту захоронення радіоактивних відходів.	62
<i>МЕЛЬНИК А.І., магістрант гр. ТЗ-91мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Актуальність обліку та контролю ядерних матеріалів в питаннях фізичного захисту ядерного матеріалу.	63
<i>ТЕРЗІ В.А., магістранта 5 курсу ТЗ-92 МП</i>	
<i>Керівник – ст.викл., к.т.н. Клевцов С.В.</i>	
Лідерство як стратегія забезпечення високого рівня культури захищеності.	64
<i>ІВАНОВА М.В., студент гр. ТЯ-61</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Measures taken by the operating organization to prevent and identify insiders.	65
<i>MASLYHA Y.O., master гр. ТЯ-91мп</i>	
<i>Scientific chief - sen. lect., cand.eng.sc. Bibik T.V.</i>	
Розвиток української платформи дистанційної системи професійної підготовки фахівців у галузі фізичного захисту.	66
<i>ДАНІЛОВ І.В., магістрант гр. ТЗ-391мп</i>	
<i>Керівник – ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Забезпечення безперервного функціонування комплексу інженерно-технічних засобів системи фізичного захисту при перевезенні.	67
<i>ЖУРАВЕЛЬ Д.В., магістрант гр. ТЗ-392мп</i>	
<i>Керівник – асистент, Остапенко І.А.</i>	
Оцінка ефективності заходів з технічного переоснащення систем фізичного захисту.	68
<i>КУЗНЄЦОВ С.К., магістрант гр. ТЗ-391мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Роль інженерно-технічних засобів системи фізичного захисту в забезпеченні безперервного функціонування системи.	69
<i>КУЗЬМЕНКО Д.М., магістрант гр. ТЗ-391мп</i>	
<i>Керівник - асист. Остапенко І.А.</i>	
Аналіз бар'єрів та перешкод на шляху міжнародного співробітництва в ядерній криміналістиці.	70
<i>МАМЧИЧ Ю.Р., магістрант гр. ТЯ-91мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Поліпшення інформаційної та комп'ютерної безпеки на об'єктах критичної інфраструктури.	71
<i>МАТКОВСЬКИЙ А.В., магістрант гр. ТЗ-91мп</i>	
<i>Керівник - асист., Остапенко І.А.</i>	
Формування та становлення міжнародного режиму нерозповсюдження ядерної зброї.	72
<i>РАСЦЬ М.Л., магістрант гр. ТЗ-391мп</i>	
<i>Керівник – асист., к.ф.-м.н. Дубчак С.В.</i>	

Актуальні проблеми забезпечення захищеності ДІВ.	73
<i>САМСОНЕНКО А.В., магістрант гр. ТЗ-391мп</i>	
<i>Керівник - асист. Остапенко І.А.</i>	
Оцінка вразливості ядерних матеріалів під час їх перевезення територією України.	74
<i>СТАРИНЦАК В.В., магістранта 5 курсу ТЗ-92 МП</i>	
<i>Керівник – ст.викл., к.т.н. Клевцов С.В.</i>	
Програма благонадійності персоналу на ядерних установках як один з елементів боротьби з внутрішнім правопорушником.	75
<i>СТРОКАЛІС С.А., магістрант гр. ТЗ-391мп</i>	
<i>Керівник - асист. Остапенко І.А.</i>	
Посилення фізичної ядерної безпеки при поводженні з ядерним паливом на атомних електричних станціях.	76
<i>СУШИНСЬКА А.П., магістрант гр. ТЗ-91мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.ф.-м.н. Хоменков В.П.</i>	
Розроблення методології реагування на прояви актів ядерного тероризму.	77
<i>ТАГЛІН Ю. П., магістрант гр. ТЗ-91мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.ф.-м.н. Хоменков В.П.</i>	
Посилення запобіжних та захисних заходів проти внутрішніх загроз на ядерних об'єктах.	78
<i>ТАРАСЮК Б.В., магістрант гр. ТЗ-91мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Розробка методології з оцінки вразливості об'єктів критичної інфраструктури.	79
<i>ШИНКАРЧУК Д.О., магістрант гр. ТЗ-91мп</i>	
<i>Керівник - асист. Серафін Р.І.</i>	
Питання вимірювання ядерного матеріалу на АЕС.	80
<i>СТУКАЛОВ Д.В., магістрант гр. ТЗ-391мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Клевцов С.В.</i>	
Проблеми інформаційно-аналітичного забезпечення проектної загрози.	81
<i>ШОВКАЛЮК Ю.Г., магістрант гр. ТЗ-392мп</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Серафін Р.І.</i>	
Фізичний захист при транспортуванні радіоактивних матеріалів.	82
<i>КОВЧ Т.Д., студент гр. ТЯ-61</i>	
<i>Керівник - асист., к.ф.-м.н. Овдієнко Ю.М.</i>	
Підходи до мінімізації утворення РАВ.	83
<i>НЕКОЗ А.М., магістрант гр. ТЗ-92мп</i>	
<i>Керівник - викл., к.т.н. Хоменков В.П.</i>	
Особливості застосування біометричних засобів ідентифікації в системах фізичного захисту ядерних установок.	84
<i>КОВАЛЬСЬКИЙ О.Ю., магістрант гр. ТЗ-391мп</i>	
<i>Керівник - асист. Остапенко І.А.</i>	
Оцінка вразливості ядерної установки як міра визначення ефективності системи фізичного захисту.	85
<i>ПЕРЕРВА О.П., магістрант гр. ТЗ-391мп</i>	
<i>Керівник - асист. Серафін Р.І.</i>	
Аналіз методів оцінки загроз для об'єктів критичної інфраструктури.	86
<i>Рой В.С., магістрант гр. ТЗ-91мп</i>	
<i>Керівник - асист. Серафін Р.І.</i>	
Загальні вимоги для перевезення (транспортування) ядерних матеріалів.	87
<i>Якимчук А.О., студент гр. ТЯ-62</i>	
<i>Керівник - асист. Остапенко І.А.</i>	

Імплементация основних принципів фізичного захисту в законодавстві України.	88
<i>АНЮШКІНА А.А., студент гр. ТЯ-62</i>	
<i>Керівник - асист. Остапенко І.А.</i>	
Ядерні гарантії міжнародного договору нерозповсюдження ядерної зброї.	89
<i>Шах Р.В., магістрант 5 курсу ТЗ-92 МП</i>	
<i>Керівник – ст. викладач, к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
СЕКЦІЯ №3 ТЕПЛООБМІН І ГІДРОДИНАМІКА В ТЕПЛОПЕРЕДАЮЧИХ І ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРИСТРОЯХ	
	90
Вплив теплового навантаження та кута нахилу на теплові характеристики теплової труби з ризьбовою капілярною структурою.	91
<i>ПЕКУР Д.В., аспірант</i>	
<i>Керівник - пр.н.спів., д.т.н. Ніколаєнко Ю.Є.</i>	
Теплові характеристики конвективного теплообмінника для приймально-передавального модуля АФАР.	92
<i>КОЗАК Д.В., мол. вчений, к.т.н.</i>	
<i>Керівник - пр.н.спів., д.т.н. Ніколаєнко Ю.Є.</i>	
Вплив параметрів капілярної структури на її проникність.	93
<i>ЧЕРВОНЮК А.О., магістрант гр. ТФ-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Шевель Є.В.</i>	
Моделювання турбулентного теплообміну у внутрішніх течіях з перешкодами мінімального опору за методикою URANS.	94
<i>БУРДЬ Р.Г., магістрант гр. ТФ-81мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.ф.-м.н. Воропаєв Г.О.</i>	
Активні та пасивні методи керування структурою потоку.	95
<i>ЮДІН І.І., магістрант гр. ТФ-91мн</i>	
<i>Керівник - проф., к.ф.-м.н. Воропаєв Г.О.</i>	
CFD-моделювання тепловологісного стану "Київського метрополітену".	96
<i>ШУЛЬГА М.В., магістрант гр. ТФ-91мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Баранюк О.В.</i>	
Вплив розмірів зон нагріву і охолодження на теплотехнічні характеристики алюмінієвих канавчастих теплових трубах.	97
<i>ТКАЧ В.М., магістрант гр. ТФ-91мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Шевель Є.В.</i>	
CFD-моделювання теплового стану об'єкту "Укриття" та Нового Безпечного Конфайнменту.	98
<i>ПІВЕНЬ К.П., магістрант гр. ТФ-91мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Баранюк О.В.</i>	
Теплогідравлічні характеристики теплових труб для системи охолодження електронного обладнання ноутбуків.	99
<i>МИХАЙЛИК В.Ю., магістрант гр. ТФ-91мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Установка для дослідження теплообміну при конденсації на пласкій поверхні.	100
<i>ЛПНІЦЬКИЙ Л.В., магістрант гр. ТФ-91мн; МЕЛЬНИК Р.С., аспірант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Лебедь Н.Л.</i>	
Аналіз різних методів обриву труб в енергетиці.	101
<i>КОНЬКО Д.В., магістрант гр. ТФ-91мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Баранюк О.В.</i>	
Проблеми створення мініатюрних пласких теплових труб.	102

<i>ВАСИЛЬЄВА А.Д., магістрант гр. ТФ-91мн</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Шевель Є.В.</i>	
Вплив діаметру парового простору на максимальний тепловий потік в мініатюрних теплових трубах.	103
<i>БАЧЕНКО А.О., магістрант гр. ТФ-91мн; КРАВЕЦЬ В.Ю., гр. -</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Лебедь Н.Л.</i>	
Охолодження комп'ютерної техніки за допомогою теплових труб.	104
<i>ЦАРЕНКО В.О., студент гр. ТЕ-61-2</i> <i>Керівник - асист. Алексеїк О.С.</i>	
Макет системи охолодження потужних радіоелектронних пристроїв.	105
<i>ХАРЧЕНКО О.В., студент гр. ТЕ-61-2</i> <i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Семеняко О.В.</i>	
Проектування установки для імітації космічного випромінювання на поверхню наносупутника.	106
<i>ПОЛОВИНКІН К.О., студент гр. ТЕ-61-2</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Система охолодження мікропроцесора на основі двофазного термосифона.	107
<i>ПОЛОВИНКІН К.О., студент гр. ТЕ-61-2</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Комп'ютерна модель температурних полів і напружень в лопатках газових турбін в програмному пакеті ANSYS.	108
<i>ПОЛОВИНКІН К.О., студент гр. ТЕ-61-2</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Баранюк О.В.</i>	
CFD-моделювання процесів теплообміну і гідродинаміки в баку акумуляторі теплоти.	109
<i>ДЕМЧЕНКО В.В., студент гр. ТЕ-61-2</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Баранюк О.В.</i>	
СЕКЦІЯ № 4 ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНІ ПРОЦЕСИ В ТЕПЛО- І ПАРОГЕНЕРУЮЧИХ УСТАНОВКАХ	110
Теплонапружений стан труб плоскоовальної форми.	111
<i>КУЛИНИЧ В.С., аспірант</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Реконструкція водяного економайзера котла БКЗ-75-39ФБ.	112
<i>ПІВТОРАЦЬКИЙ В.В., студент гр. ТЕ-61-1</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Мариненко В.І.</i>	
Використання конденсаційних утилізаторів в котельних установках.	113
<i>СОБКО Л.В., студент гр. ТЕ-61-1</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Мариненко В.І.</i>	
Водяний економайзер котла з пакетів труб з конфузорним підгинанням ребер.	114
<i>БАНАХ І.С., магістрант гр. ТК-91мн</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Конденсаційний теплообмінник-утилізатор з плоскоовальних біметалічних труб з гофроподібним оребренням.	115
<i>БИКОВ Е.Б., магістрант гр. ТК-91мн</i> <i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Воробйов М.В.</i>	
Сепаратор-пароперегрівач СПП-250, оптимізація конструкції оребрення теплообмінної поверхні.	116
<i>БУНДА М.М., магістрант гр. ТК-91мн</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Новаківський Є.В.</i>	

Модернізація конвективної поверхні нагріву котла КВГ-8.	117
<i>ЄВГРАФОВ Г.О., магістрант гр. ТК-91мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Мариненко В.І.</i>	
Зниження викидів NOx, шляхом ступеневого спалювання.	118
<i>ЛОГВИНЮК М.О., студент гр. ТК-91мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Новаківський Є.В.</i>	
Система теплофікації на основі теплового насоса з використанням тепла охолоджуючої води.	119
<i>ПАЛІЙЧУК Р.Ф., студент гр. ТК-91мп</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Косячков О.В.</i>	
Можливості використання спалювання суміші природнього газу і водню в енергетиці України.	120
<i>РЯБЦУН Р.С., магістрант гр. ТК-81м</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Воробйов М.В.</i>	
СЕКЦІЯ №5 СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТЕПЛОВІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ	121
Household solid fuel boiler with vortex generator.	122
<i>BEDNARSKA I.S., postgraduate</i>	
<i>Scientific chief - assoc.prof., cand.eng.sc. Rindyuk D.V.</i>	
Computer simulation of the burner of a modernized household solid fuel boiler with a vortex generator.	123
<i>BEDNARSKA I.S., postgraduate</i>	
<i>Scientific chief - assoc.prof., cand.eng.sc. Rindyuk D.V.</i>	
Environmental indicators of household solid fuel boiler with with vortex generator.	124
<i>BEDNARSKA I.S., postgraduate</i>	
<i>Scientific chief - assoc.prof., cand.eng.sc. Rindyuk D.V.</i>	
Характеристики запалювання факелу в мікродифузійному стабілізаторному пальниковому пристрої.	125
<i>МОРОЗ О.С., аспірант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бутовський Л.С.</i>	
Граничні режими роботи дифузійного стабілізаторного пальника з різнойменною закруткою повітряного потоку.	126
<i>МОРОЗ О.С., аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Оцінка ступеню охолодження повітря при розпиленні зрідженого газу при розпиленні зрідженого газу при розпиленні зрідженого газу.	127
<i>ПАКОШ Д.З., аспірант групи ТС-91ф</i>	
<i>Керівник – доц., к.т.н. Сірий О.А.</i>	
Характеристики "бідного" зриву факелу в мікродифузійному стабілізаторному пальниковому пристрої.	128
<i>СТАРЧЕНКО О.С., аспірант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бутовський Л.С.</i>	
Особливості горіння газу за стабілізатором при подачі зануренням в повітряний потік.	129
<i>ВОЛИНЕЦЬ А.М., магістрант гр. ТС-91мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Грановська О.О.</i>	
Дослідження впливу схеми сумішоутворення на характеристики горіння газоподібного палива за стабілізатором.	130
<i>ДІДИК М.Ю., магістрант гр. ТС-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бутовський Л.С.</i>	

Дослідження газодинаміки регулюючого клапана турбіни К-200-130.	131
<i>КАРАВАЄВ М.Д., магістрант гр. ТС-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Риндюк Д.В.</i>	
Розробка CFD-моделі прогнозування шкідливих викидів в умовах СНС.	132
<i>КОБИЛЯНСЬКА О.О., магістрант гр. ТС-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Сірий О.А.</i>	
Засоби скорочення водоспоживання на електростанціях.	133
<i>КОЦЮБА О.А., магістрант гр. ТС-92мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Грановська О.О.</i>	
Можливості застосування домішки водню при спалюванні природного газу.	134
<i>Кривенцов О.О., магістрант гр. ТС-91мн</i>	
<i>Керівник – доц., к.т.н. Сірий О.А.</i>	
Характеристики турбіни Т-250/300-240 при роботі без робочих лопаток останніх ступенів циліндру низького тиску.	135
<i>ЛИТВИН Д.В., магістрант гр. ТС-92мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бутовський Л.С.</i>	
Спалювання природного газу і скидного вугілля в модульному циліндричному пальнику.	136
<i>МАЗУР В.П., магістрант гр. ТВ-92мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бутовський Л.С.</i>	
Дослідження напружено-деформованого стану валопроводу турбоагрегату К-200-130 при короткому замиканні.	137
<i>МАРИСЮК Б.О., магістрант гр. ТС-81мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Економічність паротурбінних установок після модернізації системи кінцевих ущільнень.	138
<i>ПЕТРОВЕЦЬ С.О., магістрант гр. ТС-91мн</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Пешко В.А.</i>	
Дослідження масообмінних характеристик комбінованого нішево-стабілізаторного пальникового пристрою.	139
<i>ШЕВЧЕНКО В.А., магістрант гр. ТС-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Грановська О.О.</i>	
Технічне переоснащення систем контролю, керування та автоматичного регулювання енергоблоків ТЕЦ.	140
<i>АЗАРОВ М.В., студент гр. ТС-61-1</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Нікуленкова Т.В.</i>	
Збільшення відновлювальних джерел електроенергії призводить до росту шкідливих викидів електроенергетикою.	141
<i>ДУЛЬСЬКИЙ А.І., студент гр. ТС-61</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Меренгер П.П.</i>	
Економічна складова ефективності модернізації комунальної теплоенергетики на основі струменево-нішевої технології.	142
<i>КІЛЬНИЦЬКА К.О., студент гр. ТС-61</i>	
<i>Керівник - доц., д.т.н. Абдулін М.З.</i>	
Визначення витрати вугільного пилу на котлах ТЕС.	143
<i>КІЛЬНИЦЬКА К.О., студент гр. ТС-61</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Меренгер П.П.</i>	
Ресурсні характеристики парової турбіни К-300-240.	144
<i>Куєк Ю.О., студентка гр. ТС-261-1</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Нікуленкова Т.В.</i>	
Пилоугільні парогазові установки з внутрішньоцикловою газифікацією	

вугілля.	145
<i>МИРОНЮК А.М., студент гр. ТС-61</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Меренгер П.П.</i>	
Переведення пилоувугільних котлів Трипільською ТЕС з АШ на газову групу вугілля.	146
<i>НОВІКОВ Д.В., студент гр. ТС-61</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Меренгер П.П.</i>	
Досвід промислового використання сіркоочистки на ТЕС в Україні.	147
<i>СУГОНЯКО Д.В., студент гр. ТС-61</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Меренгер П.П.</i>	
Осьові зусилля, які діють на упорний підшипник турбіни.	148
<i>ФЕРШАЛ А.М., студент гр. ТС-61-1</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Нікуленкова Т.В.</i>	
Системи регулювання висококонцентрованою подачею вугільного пилу на пальники котлів.	149
<i>ШКЛЯРУК Д.С., студент гр. ТС-61</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Меренгер П.П.</i>	
Ресурсні характеристики парової турбіни К-300-240.	150
<i>ШКУТА М.Ю., студентка гр. ТС-261-1</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Нікуленкова Т.В.</i>	
Застосування вологого способу очистки димових газів.	151
<i>ЯРОШЕНКО В.Ф., студент гр. ТС-61</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Меренгер П.П.</i>	
Технологія пилоподачі з високою концентрацією під тиском, як метод зниження викидів оксидів азоту.	152
<i>ВОЛОДИМИРЧУК О.А., студент гр. ТС-п71</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Меренгер П.П.</i>	
Перспективи використання геліоенергетичних установок.	153
<i>ДОРОШЕНКО В.В., студент гр. ТС-71</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Проблеми утилізації теплоти димових газів котлів малої потужності.	154
<i>КАЧКІВСЬКИЙ Д.О., студент гр. ТС-71</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Вплив марки мазуту на викиди сірчистого ангідриду.	155
<i>БЕДНАРСЬКА Я.С., студентка 2 курсу гр.ТС-81.</i>	
<i>БЕДНАРСЬКА І.С., аспірантка 2 курсу гр.ТС-81ф.</i>	
<i>Керівник – к.т.н., доц. Риндюк Д.В.</i>	
Перспективи використання сіркоочисних установок.	156
<i>П'ЯТАЧУК В.С., студент гр. ТС-81</i>	
<i>Керівник - асист. Беднарська І.С.</i>	
Аналіз впливу спалювання енергетичного вугілля в різних енергетичних установках на емісію оксидів азоту.	157
<i>ЮРЧУК В.С., студент гр. ТС-81</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Зниження гідравлічного опору трубопроводів теплових мереж.	158
<i>НОСАЛЬ О.Ю., магістрант гр. ТС-91мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Побіровський Ю.М.</i>	

СЕКЦІЯ №6 ПРОБЛЕМИ ТЕОРЕТИЧНОЇ І ПРОМИСЛОВОЇ ТЕПЛОТЕХНІКИ 159

Відцентрові дистилятори для концентрування термолабільних розчинів.	160
--	-----

<i>СОВІНСЬКИЙ М.В., мол. вчений</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Соломаха А.С.</i> Вплив теплообмінних процесів в горизонтально-трубних випарниках на ефективність термічних опріснювальних установок.	161
<i>БОЯНІВСЬКИЙ В.П., аспірант</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Ріферт В.Г.</i> Захист вікон від сонячного випромінювання з отриманням води для гарячого водопостачання в готелях, санаторіях і хостелах .	162
<i>МАХРОВ М.А., аспірант</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i> Аналіз енергоефективності підтримання комфортних умов у виробничому приміщенні за допомогою теплонасосної системи повітряного опалення та вентиляції.	163
<i>МІСЮРА Т.О., аспірант</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Безродний М.К.</i> Аналіз ефективності схеми опалення на базі ґрунтового теплового насосу з використанням теплоти вентиляційних викидів та стічних вод.	164
<i>ОСЛОВСЬКИЙ С.О., аспірант</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Безродний М.К.</i> Визначення часу повного плавлення невеликих об'ємів льоду при його зберіганні в ґрунтовому акумуляторі.	165
<i>ПЕТРЕЧУК А.Л., аспірант</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i> Переваги теплозабезпечення приватних будівель з використанням водневого палива.	166
<i>ВОВЧЕНКО Д.І., магістрант гр. ТП-81мн, Романова К.О., ст.викладач, к.т.н.</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Варламов Г.Б.</i> Стічні води у системи тепlopостачання.	167
<i>ЛЕМЕЩЕНКО Р.М., магістрант гр. ТП-81мн</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Барабаш П.О.</i> Підвищення економічних та екологічних показників двигунів внутрішнього згорання з іскровим запалюванням.	168
<i>ЛЮ Я., магістрант гр. ТП-82мн</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Барабаш П.О.</i> Аналіз реальної ефективності теплонасосно-адсорбційної схеми консервування енергетичного обладнання.	169
<i>МАЙСТРЕНКО О.О., магістрант гр. ТП-81м</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Безродний М.К.</i> Застосування унікальних властивостей МТС-технології для модернізації пальнової системи котла КВГМ-20	170
<i>МУХІН М.С., магістрант гр. ТП-81мн</i> <i>Романова К.О., ст.викладач, к.т.н.</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Варламов Г.Б.</i> Комбінована теплонасосна система повітряного опалення та вентиляції з засобами утилізації теплоти вентиляційних викидів.	171
<i>ОПАНАСЮК І.Ю., магістрант гр.-ТП-81мн; Притула Н.О., доц., к.т.н.</i> <i>Керівник – проф., д.т.н. Безродний М.К.</i> Дослідження тепломасообміну у вертикальному трубному плівковому контактному апараті.	172
<i>ПАНЧЕНКО О.О., магістрант гр. ТП-81мн</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Барабаш П.О.</i> Особливості застосування мікрофакельних пальників для модернізації	

газо-мазутних палинкових систем котлів.	173
<i>У Ц., магістрант гр. ТП-81мн, мол. вчений Романова К.О.</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Варламов Г.Б.</i>	
Методи дефростації в повітряних теплових насосах.	174
<i>ДУБ'ЯГА Д.О., магістрант гр. ТП-91мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i>	
Кліматична камера для дослідження теплоізоляційних властивостей матеріалів.	175
<i>КОСТИРЕВ К.Ю., магістрант гр. ТП-3п91</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Соломаха А.С.</i>	
Результати комплексного енерго-екологічного аналізу умов експлуатації потужного котла КВ-ГМ-100 (м.Київ, ТЕЦ-5).	176
<i>МІТЧЕНКО І.О., магістрант гр. ТП-91мн, доцент, к.т.н. Глазирін С.О.</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Варламов Г.Б.</i>	
Енергоефективність опалювальних котлів.	177
<i>МІТЧЕНКО І.О., магістрант гр. ТП-91мн</i>	
<i>Керівник-доц., к.т.н. Куделя П.П.</i>	
Порівняльні характеристики утилізаційних установок димових газів котелень зі зволоженням дуттьового повітря.	178
<i>ОЗЕРУГА О.В., магістрант гр. ТП-91мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Особливості теплообміну в кожухопластинчастих теплообмінниках	179
<i>ОЛІЙНИК Б.В., магістрант гр. ТП-91МН</i>	
<i>Керівник-доц., к.т.н. Гавриш А. С.</i>	
Пневматичний акумулятор для зняття пікових навантажень в газотурбінних установках.	180
<i>ПОДОБА І.В., магістрант гр. ТП-91мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i>	
Ексергетична ефективність енергетичних котлів.	181
<i>ШВЕЦЬ Н.О., магістрант гр. ТП-91мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Куделя П.П.</i>	
Аналіз методів розрахунку теплообміну під час конденсації в мініканалах.	182
<i>ШВЕЦЬ Н.О., магістрант гр. ТП-91мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Серєда В.В.</i>	
Холодильний цикл із проміжним впорскуванням пари в компресор.	183
<i>БАРАНЮК А.М., студент гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Соломаха А.С.</i>	
Аналіз перспективних технологій опріснення морської води.	184
<i>БУЗОВЕРЯ Д.В., студент гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Серєда В.В.</i>	
Порівняльні характеристики утилізаторів теплоти вентиляційних викидів громадських та виробничих будівель.	185
<i>ІЖЕВСЬКА Т.Л., студент гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Зберігання фруктів після збирання в фруктосховищі та при кімнатній температурі.	186
<i>ОДУДЕНКО Ю.М., студент гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Назарова І.О.</i>	
Розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі у разі конденсації пари всередині горизонтальних труб за стратифікованого режиму течії фаз.	187
<i>ОДУДЕНКО Ю.М., студент гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Серєда В.В.</i>	

Основні напрямки вирішення задачі охолодження потужних комп'ютерних систем.	188
<i>СИТНИК Д.С., студент гр. ТП-61; ЦЗЯНГОУ Ц., аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Варламов Г.Б.</i>	
Переваги та недоліки пластинчастого моноблоку для двоступеневої змішаної системи гарячого водопостачання.	189
<i>СТОРОЖУК М.С., студент гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Голяд М.Н.</i>	
Інтенсифікація процесу тепловіддачі в конденсаторі холодильної машини по виробництву сухого льоду.	190
<i>ФЕТОВ І.В., студент гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Паризька угода: пріоритетні технології для впровадження в Україні .	191
<i>ЯРОШЕВИЧ М.В., студент гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Голяд М.Н.</i>	
Застосування біотехнологій для очистки теплообмінних поверхонь.	192
<i>ЗАБОЛОТНИЙ О.А., студент гр. ТП-71</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Голяд М.Н.</i>	
Системи повітряного опалення приміщень .	193
<i>КРАВЧУК К.С., студент гр. ТП-71</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Порівняння особливостей застосування кожухотрубних та пластинчатих теплообмінних апаратів.	194
<i>КРАВЧУК К.С., студент гр. ТП-71</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Щодо змінювання середньої температури стисненого повітря в магістральних трубопроводах СВРЕ.	195
<i>КРАВЧУК К.С., студент гр. ТП-71</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Голяд М.Н.</i>	
Особливості застосування біопаливних пелет для процесів тепlopостачання.	196
<i>МАГЕРА А.Ю., студентка гр. ТП-71, Чжан Вейце, аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Варламов Г.Б.</i>	
Переробка твердих побутових відходів: проблеми і перспективи.	197
<i>МАГЄРА А., студент гр. ТП-71</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Окремий випадок розрахунку втрат тиску в магістральних трубопроводах стисненого повітря.	198
<i>МАГЄРА А., студент гр. ТП-71</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Голяд М.Н.</i>	
Системи опалення промислових цехів великого об'єму з підвісними випромінювальними панелями.	199
<i>МАРАХОВСЬКА В.Ю., студент гр. ТП-71</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Оптимальний на сьогоднішній день спосіб утилізації ТПВ.	200
<i>МАРАХОВСЬКА В.Ю., студент гр. ТП-71</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Голяд М.Н.</i>	
Про перспективи промислового використання кожухопластинчатих апаратів.	201
<i>МАРАХОВСЬКА В.Ю., студент гр. ТП-71; ЗАБОЛОТНИЙ О.А., студент гр. ТП-71</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	

Кожухопластинчаті теплообмінні апарати: принцип дії і перспективи застосування.	202
<i>МАРАХОВСЬКА В.Ю., студент гр. ТП-71; ЗАБОЛОТНИЙ О.А., студент гр. ТП-71</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Про експериментальне дослідження реальних робочих тіл створених із використанням холодильних агентів.	203
<i>МІШКО П.І., студент гр. ТП-71</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Перспективи розвитку альтернативної енергетики із застосуванням нанотехнологій.	204
<i>КЛОЧКО Д.С., студент гр. ТП-81</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Принцип роботи двигуна Стірлінга.	205
<i>ТРУЦУНЕНКО І.О., студент гр. ТП-81</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Соломаха А.С.</i>	
Утилізація техногенних повітряних джерел теплоти з використанням теплових насосів.	206
<i>ПРИГУЛА Н.О., мол. вчений</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Безродний М.К.</i>	

ПОКАЖЧИК АВТОРІВ ДОКЛАДІВ

- Bednarska I.S. 122, 123, 124
Bibik T.V. 65
Maslyha Y.O. 13, 65
Rindyuk D.V. 122, 123, 124
Shilina L.I. 13, 40
Zelentsov D.V. 40
Абдулін М.З. 142
Азаров М.В. 140
Алексеїк О.С. 34, 104
Анюшкіна А.А. 88
Бабік Р.І. 25
Банах І.С. 114
Барабаш П.О. 167, 168, 172
Баранюк А.М. 183
Баранюк О.В. 30, 96, 98, 101, 108, 109
Басюк Р.В. 5
Баченко А.О. 103
Беднарська І.С. 155, 156
Беднарська Я.С. 155
Безродний М.К. 163, 164, 169, 171, 208
Белих Д.О. 4
Биков Е.Б. 115
Бібік Т.В. 5, 9, 62, 64, 66, 68, 70, 78, 89
Боженко М.Ф. 178, 185, 193, 199
Борзенков В.В. 57
Боянівський В.П. 161
Бузоверя Д.В. 184
Букатий В.А. 26
Бунда М.М. 116
Бурдь Р.Г. 94
Бутовський Л.С. 125, 128, 130, 135, 136
Варламов Г.Б. 166, 170, 173, 176, 188, 196
Васильєва А.Д. 104
Вершняк В.Л. 14
Вікторов Я.О. 53
Вовченко Д.І. 166
Волинець А.М. 129
Володимирчук О.А. 152
Воробйов М.В. 115, 120
Воропаєв Г.О. 94, 95
Гавлічук Д.В. 6
Гавриш А.С. 179, 190, 194, 197, 201, 202, 203, 204
Гашимов А.М. 27, 28
Глазирін С.О. 176
Голіяд М.Н. 189, 191, 192, 195, 198, 200
Гончарук В.Г. 58
Горбачик С.О. 48
Грановська О.О. 129, 133, 139
Гуменюк Д.В. 22, 23, 24
Даниленко В.С. 7
Данілов І.В. 66
Демченко В.В. 109
Дідик М.Ю. 130
Дорошенко В.В. 153
Дубчак С.В. 72
Дуб'яга Д.О. 174
Дульський А.І. 141
Євграфов Г.О. 117
Журавель Д.В. 67
Заболотний О.А. 192, 201, 202
Завальнюк С.М. 15
Зацаринний Р.В. 8
Зеленцов Д.В. 41
Іванова М.В. 27, 64
Іжевська Т.Л. 185
Казаков А.А. 59
Капінос Н.О. 28
Караваєв М.Д. 131
Качківський Д.О. 154
Квітка В.А. 9
Квятковський Б.Б. 42
Кільницька К.О. 142, 143
Клевцов С.В. 11, 56, 63, 74, 80
Клочко Д.С. 204
Кньовець Д.В. 16
Кобилянська О.О. 132
Ковальський О.Ю. 84
Коврігін В.В. 60
Ковч Т.Д. 29, 82
Козак Д.В. 92
Колпаков П.С. 61
Конько Д.В. 101
Коньшин В.І. 8, 10, 12, 20, 21, 35, 39, 44, 46
Костирев К.Ю. 175
Косячков О.В. 119
Коцюба О.А. 133
Кравець В.Ю. 4, 7, 99, 103, 106, 107
Кравчук К.С. 194, 195, 196
Красиков В.В. 30
Кривенцов О.О. 134
Куделя П.П. 177, 181
Куєк Ю.О. 144
Кузнєцов С.К. 68
Кузьменко Д.М. 69
Кулинич В.С. 111
Кухоцька О.В. 10
Лазарєв Є.С. 31
Лебедь Н.Л. 100, 103

Лемещенко Р.М. 167
Лещенко Б.Ю. 41, 42
Лещенко Д.В. 47
Литвин Д.В. 135
Ліпницький Л.В. 100
Логвинюк М.О. 118
Лю Я. 168
Магера А.Ю. 196, 197, 198
Мазур В.П. 136
Майстренко О.О. 169
Маляр І.В. 32
Мамчич Ю.Р. 17, 70
Мандриченко К.Е. 11
Мараховська В.Ю. 199, 200, 201, 202
Мариненко В.І. 112, 113, 117
Марисюк Б.О. 137
Маслига Ю.О. 157
Матковський А.В. 71
Махров М.А. 162
Мельник А.І. 62
Мельник Р.С. 100
Меренгер П.П. 141, 143, 145, 146, 147,
149, 151, 152
Микитюк І.О. 45
Миронюк А.М. 145
Михайлик В.Ю. 99
Місюра Т.О. 163
Мітченко І.О. 176, 177
Мішко П.І. 203
Мороз О.С. 125, 126
Мухін М.С. 170
Муштук П.М. 32
Назарова І.О. 186
Некоз А.М. 83
Ніколаєнко Ю.Є. 91, 92
Нікуленкова Т.В. 140, 144, 148, 150
Новаківський Є.В. 31, 38, 116, 118
Новіков Д.В. 146
Носаль О.Ю. 158
Носовський А.В. 47
Овдієнко Ю.М. 10, 16, 17, 29, 36, 51, 82
Одинець В.В. 45
Одуденко Ю.М. 186, 187
Озеруга О.В. 178
Олійник Б.В. 179
Омельчук Е.О. 19
Опанасюк І.Ю. 171
Ословський С.О. 164
Остапенко І.А. 25, 50, 60, 67, 69, 71, 73,
75, 84, 87, 88
Остаповець А.О. 44
Пакош Д.З. 127
Паламарчук М.М. 34
Палійчук Р.Ф. 119
Панченко О.О. 172
Папежук Д.П. 20
Пекур Д.В. 91
Перерва О.П. 85
Петречук А.Л. 165
Петрівський Р.І. 35
Петровець С.О. 138
Пешко В.А. 138
Пилюк П.А. 36
Півень К.П. 98
Півторацький В.В. 112
Побіровський Ю.М. 158
Подоба І.В. 180
Половинкін К.О. 106, 107, 108
Потоскуєв В.С. 21
Притула Н.О. 171, 206
Пуховий І.І. 162, 165, 174, 180
П'ятачук В.С. 155
Раєць М.Л. 72
Редька І. М. 51
Рижко А.В. 49
Риндюк Д.В. 131, 155
Різніченко А.С. 54
Ріферт В.Г. 161
Рогачов В.А. 26, 32, 111, 114
Розвазкий Я.В. 37
Рой В.С. 86
Романова К.О. 166, 170, 173
Рябцун Р.С. 120
Самсоненко А.В. 73
Сахно О.В. 18, 19, 45, 50
Семеняко О.В. 53, 54, 105
Семко Є.М. 12
Серафін Р.І. 57, 61, 79, 81, 85, 86
Середа В.В. 182, 184, 187
Ситник В.О. 38
Ситник Д.С. 188
Сірий О.А. 127, 132, 134
Собко Л.В. 113
Совінський М.В. 160
Соломаха А.С. 160, 175, 183, 205
Старинщак В.В. 74
Старченко О.С. 128
Сторожук М.С. 189
Строкаліс С.А. 75
Стукалов Д.В. 80
Сугоняко Д.В. 147
Сульжик Т.О. 22
Сушинська А.П. 76
Таглін Ю.П. 77

Тарасюк Б.В. 78
Терзі В.А. 56, 63
Ткач В.М. 97
Ткач О.С. 23
Труцуненко І.О. 205
Туз В.О. 52
У Ц. 173
Федоров Д.О. 33, 37, 52
Федотов В.В. 43
Фершал А.М. 148
Фетов І.В. 190
Філатов В.І. 6
Філонюк Д.А. 24
Фургат І.Е. 43
Халімончук В.А. 14, 15, 48
Харченко О.В. 105
Хоменков В.П. 58, 59, 76, 77, 83
Царенко В.О. 104
Цзянгоу Ц. 188
Червонюк А.О. 93
Черноусенко О.Ю. 126, 137
Чжан Вейце 196
Шах Р.В. 89
Швець Н.О. 181, 182
Шевель Є.В. 93, 97, 102
Шевченко В.А. 139
Шелешей Т.В. 153, 154, 157
Шинкарчук Д.О. 79
Шклярчук Д.С. 149
Шкута М.Ю. 150
Шовкалюк Ю.Г. 81
Шульга М.В. 96
Юдін І.І. 95
Юрчук В.С. 157
Яворський М.О. 43
Якимчук А.О. 50, 87
Ярошевич М.В. 191
Ярошенко В.Ф. 151
Ятченко М.О. 39