

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

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИКИ

Матеріали XVII Міжнародної
науково-практичної конференції
молодих вчених та студентів
м. Київ, 23-26 квітня 2019 року,

ТОМ 1



Київ- 2019

УДК 620.9(062)+621(062)

C91

Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів, м. Київ, 23–26 квітня 2019 р. У 2 т. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – Т. 1. – 313 с.

ISBN 978-966-622-937-6

ISBN 978-966-622-938-3(Т.1)

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

Для викладачів вищих навчальних закладів, наукових працівників, аспірантів та студентів технічних спеціальностей.

Головний редактор

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

Заступники головного редактора

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

М.І. Власенко – директор ВП НТЦ ДП «НАЕК «Енергоатом»

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. Волошук, 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,

М.В. Воробйов, канд. техн. наук, асистент,

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 № 8 від 25 березня 2019 р.)*

ISBN 978-966-622-937-6

ISBN 978-966-622-938-3 (Т.1)

© Автори тез доповідей, 2019

© КПІ ім. Ігоря Сікорського (ТЕФ), 2019

СЕКЦІЯ №1

Атомна енергетика

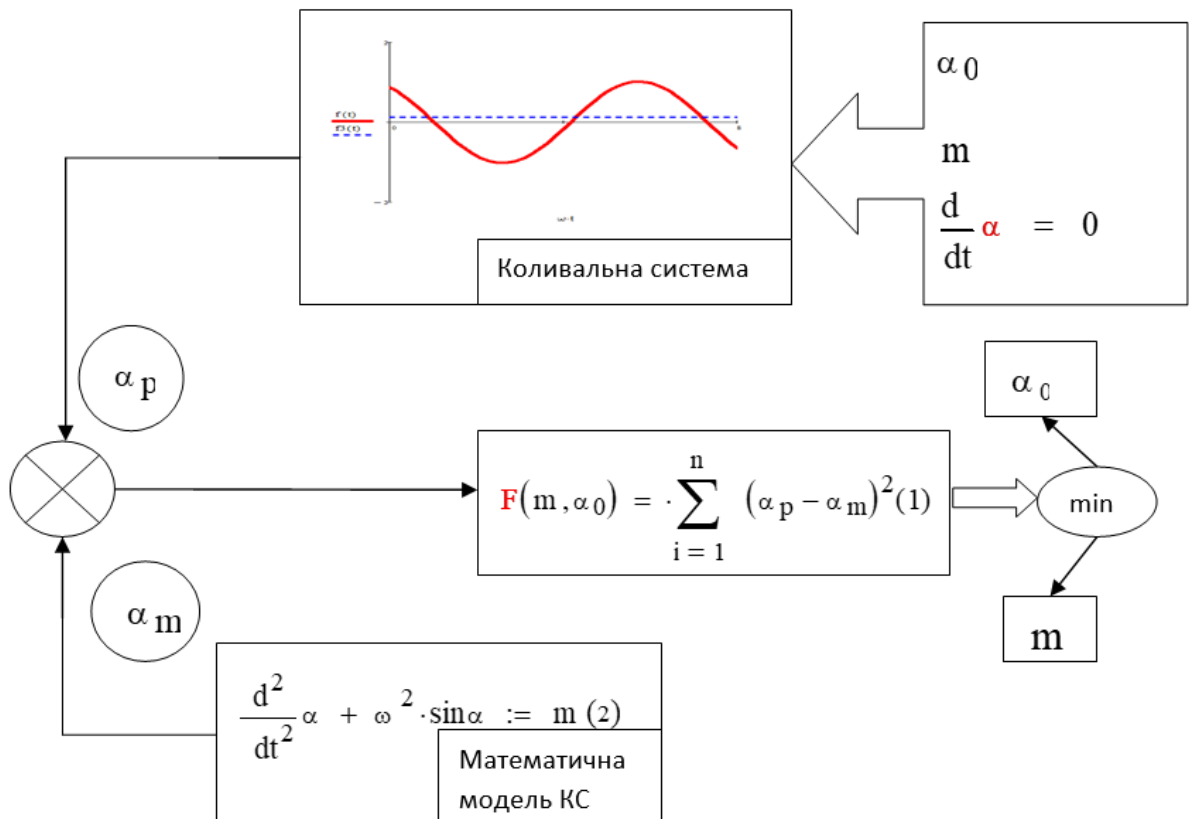
Студент 1 курсу, гр. ТЯ-81 Дзерун М.С.
 Доц., к.т.н. Федоров В.М.

**ПРО ВИКОРИСТАННЯ НЕЛІНІЙНОСТІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
 МАЯТНИКОВОЇ КОЛИВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ
 ПОЧАТКОВИХ УМОВ ЇЇ РУХУ**

З метою скорочення часу знаходження початкових умов руху коливальних систем широко застосовується метод, що полягає в ідентифікації початкових умов за результатами спостереження руху коливальної системи. Наявність сталого неконтрольованого моменту зміщує центр коливань системи, вносячи помилку в результат. Відомі декілька способів боротьби з цією помилкою. Це – проведення вимірювань з двома різними відомими частотами коливань з подальшим алгоритмічним урахуванням поправки чи – знаходження положень стійкої та нестійкої рівноваги (для маятникових систем) з подальшою побудовою нормалі до бісектриси кута між цими двома положеннями рівноваги. Обидва ці методи передбачають наявність двох циклів вимірювання, що як мінімум вдвічі збільшує час вимірювання.

Мета даного дослідження – дослідити можливість знаходження як початкових умов руху, так і величини неконтрольованого моменту впродовж одного вимірювання, аналізуючи інформацію про нелінійний характер руху маятникової коливальної системи. Схема машинного експерименту відображена на малюнку. Промодельовані залежності оцінки початкових умов руху від амплітуди коливань та величини неконтрольованого моменту. Зроблені висновки про границі застосування запропонованої методики.

Рисунок



Аспірант Кайдик Б.В.; провідний інженер - Драпей С.С.
Ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ ЯДЕРНОЮ ТА ФІЗИЧНОЮ ЯДЕРНОЮ БЕЗПЕКОЮ

В Україні не зовсім стабільна економічна та політична ситуація, що підсилюється фактом перебування в стані гібридної війни з Російською Федерацією. В той же час Україна експлуатує 15 ядерних енергоблоків, зберігає велику кількість збірок відпрацьованого ядерного палива, що вимагає від держави, відповідних державних органів, експлуатуючих організацій належного забезпечення ядерної та радіаційної безпеки та відповідного фізичного захисту АЕС. Сфери діяльності ядерної безпеки та фізичної ядерної безпеки спрямовані на досягнення дещо різних цілей, проте вони є взаємодоповнюючими та направлені на досягнення такого рівня безпеки АЕС, що ризик забруднення та завдання шкоди навколишньому середовищу та людям буде мінімальним.

Ядерна безпека і фізична ядерна безпека зазвичай розглядаються окремо. Взаємозв'язок між ними обмежений тільки лише про відсутність негативного впливу заходів фізичного захисту на реалізацію дій, спрямованих на забезпечення ядерної безпеки, і навпаки. Згідно з рекомендаціями МАГАТЕ, кожна з областей безпеки повинна не тільки не перешкоджати забезпеченню іншої, але й взаємно підсилувати ефект вжитих заходів.

Варто зазначити, що проектні і технічні рішення, а також процедури, щодо ядерної та фізичної ядерної безпеки, котрі застосовуються на АЕС мають взаємний вплив, це може стосуватися і системи контролю доступу, і аварійних планів реагування, а також одного із фізичних бар'єрів - герметичної оболонки.

Одним із основоположних принципів фізичного захисту є принцип глибокоешеленованого захисту, де зазначається, що слід відобразити концепцію кількох ешелонів і методів захисту(конструктивних або інших інженерно-технічних, кадрових та організаційних), які необхідно подолати чи обійти порушнику для досягнення своїх цілей, так в ядерній безпеці застосовується стратегія глибокоешеленованого захисту, яка базується на застосуванні системи фізичних бар'єрів на шляху розповсюдження іонізуючого випромінювання і радіоактивних речовин у навколишнє природне середовище та системи технічних та організаційних заходів щодо захисту фізичних бар'єрів і збереження їх ефективності, з метою захисту персоналу, населення і навколишнього природного середовища. Ідеології даних принципів єдина і базовий характер цих ешелонів подібний, адже першочергова увага приділяється: попередженню; своєчасному виявленню і усуненню факторів, які призводять до порушень нормальної експлуатації, виникнення аварійних ситуацій в ядерній безпеці та своєчасне виявлення і реагування на загрози з ціллю уникнути подальшого збитку в фізичній ядерній безпеці; пом'якшення наслідків.

З вищесказаного можна зробити висновок, що дії по координації взаємозв'язку ядерної та фізичної ядерної безпеки привнесуть корисні результати для кожної з них, тому з метою досягнення успішних результатів в цьому напрямі важливим є здійснення досліджень щодо взаємного впливу ядерної та радіаційної безпеки на стан фізичного захисту та зворотного впливу фізичного захисту на стан ядерної та радіаційної безпеки. В цьому контексті будуть здійснюватися дослідження щодо визначення механізмів впливу щодо ефективності системи фізичного захисту АЕС на її радіаційну та ядерну безпеку.

Перелік посилань

1. Про затвердження Загальних положень безпеки атомних станцій: наказ Держатомрегулювання України від 19 листопада 2007р. № 162 // Офіційний вісник України. – 2008. – № 9 – Ст. 226.

2.МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНСУЛЬТАТИВНАЯ ГРУППА ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, INSAG-24, Взаимосвязь между безопасностью и физической безопасностью на атомных электростанциях, IAEA, Vienna (2014).

ОЦІНКА РАДІАЦІЙНИХ НАСЛІДКІВ ПРИ ВАЖКИХ АВАРІЯХ НА АЕС

Проблеми надійності, безпеки експлуатації енергоблоків АЕС при продовженні термінів експлуатації, є одними з найбільш важливих і гострих проблем атомної енергетики.

До теперішнього часу термін експлуатації для більшості енергоблоків АЕС України вже перевищив термін, призначений в проекті, і до 2025 року для більшості нині діючих енергоблоків АЕС він буде вичерпаний (за винятком енергоблоків № 2 ХАЕС та № 4 РАЕС). У зв'язку з цим технічно обгрунтовано і доведено економічну доцільність продовження терміну експлуатації енергоблоків АЕС при дотриманні вимог національних норм і правил з ядерної та радіаційної безпеки і рекомендацій МАГАТЕ, що відноситься до першочергових завдань і концепції розвитку ДП НАЕК "Енергоатом" на найближчий час.

Теплообмінник аварійного розхолодження (ТОАР) входить до системи аварійного охолодження активної зони реактора (САОЗ).

Він призначений для відводу залишкових енерговиділень активної зони як при нормальних умовах експлуатації, так і в аварійних режимах, пов'язаних з розгерметизацією першого контуру.

В процесі експлуатації трубні елементи поверхонь теплообміну зазнають значного корозійного і ерозійного зносу, що може привести до втрати герметичності і навіть руйнування трубних елементів теплообмінника.

Спостерігаються корозійні пошкодження трубних дошок, патрубків та кришок. При аналізі стану теплообмінників САОЗ також виявлено пошкодження зварних швів приварки роздільної перегородки та її частковий відрив від корпусу теплообмінника.

Виконання міцнісних розрахунків елементів теплообмінника та їх аналіз дозволить підтвердити або спростувати можливість використання ТОАР надалі.

Якісна оцінка залишкового ресурсу теплообмінника є необхідною для продовження терміну його експлуатації.

Перелік посилань:

1. Широков С.В. Ядерні енергетичні реактори: Учб. посібник. - К.: НТУУ "КПІ", 1997.
2. Основы продления эксплуатации АЭС с ВВЭР : монография / В. И. Скалозубов, А. А. Ключников, Е. С. Лещетная ; под ред В. И. Скалозубова ; НАН Украины, Ин-т проблем безопасности АЭС. - Чернобыль (Киев, обл.) : Ин-т проблем безопасности АЭС, 2011. - 384 с.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЙТРОННОЇ АКТИВНОСТІ (В ПОТЕНЦІЙНО ЯДЕРНО-НЕБЕЗПЕЧНОМУ СКУПЧЕННІ) ВСЕРЕДИНІ КОМПЛЕКСУ НБК-ОУ

Поточний стан ОУ кваліфікується як «зруйнований запроектною аварією 4-й блок ЧАЕС, який втратив всі функціональні властивості енергоблоку і на якому виконані першочергові заходи щодо зменшення наслідків аварії, а також тривають роботи по забезпеченню його ядерної та радіаційної безпеки» [1].

Інститутом проблем безпеки АЕС НАН України було проведено розрахунково-експериментальні дослідження і встановлено факт існування, а також локалізацію та характеристикацію скупчень паливовмісних матеріалів (ПВМ) всередині НБК-ОУ. В результаті аналізу розрахунково-експериментальних даних було отримано висновки, що існує лише одне потенційно ядерно-небезпечне скупчення (ЯНС) ПВМ. Потенційна ядерна небезпека цього скупчення полягає у тому, що всередині НБК-ОУ при зміні температурно-вологісних умов зберігання ядерних матеріалів існує ймовірність виникнення самопідтримуючої ланцюгової реакції (СЛР) в об'ємі перезволоженої критичної композиції. [2].

Виникнення в червні 1990 року потужної нейтронної аномалії, що була зареєстрована двома детекторами інформаційно-дослідницької системи «Фініш», підтверджує ймовірність наявності критичної композиції ПВМ в «південній» зоні проплавлення бетону. Найбільш вірогідною причиною аномалії є те, що при надходженні води в скупчення з температурою близько 100 °С відбулося поступове досягнення критичності системою і подальше самогасіння ланцюгової реакції за рахунок перезволоження розмножуючого середовища [3]. Багаторічні дослідження динаміки температурних градієнтів і нейтронних полів (особливо характер зміни їх динаміки після початку експлуатації комплексу НБК-ОУ), а також результати моніторингу води у південно-східній частині підреакторного приміщення також підтверджують ймовірність виникнення СЛР.

Вірогідність повторного виникнення нейтронних аномалій, які можуть призвести до серйозних радіаційних наслідків, вимагає прогнозування можливих наслідків, а також детального аналізу та якнайшвидшого вирішення даної науково-практичної проблеми. Враховуючи довгострокову перспективу експлуатації НБК ОУ необхідно розуміти процеси, що відбуваються в зоні локалізації потенційно ЯНС ПВМ, а також оцінити рівень його ядерної безпеки шляхом подальшого моделювання, розрахунків та експериментальних досліджень.

Для прогнозування стану потенційно ЯНС ПВМ було виконано математичне моделювання динаміки густини потоку нейтронів у випадку досягнення критичності системою внаслідок зменшення частки води в розмножуючому середовищі, а також враховуючи різні режими виникнення самопідтримуючої ланцюгової реакції.

Перелік посилань:

1. Анализ текущей безопасности объекта «Укрытие» и прогнозные оценки развития ситуации: Отчет о НИР / МНТЦ «Укрытие». - Арх. № 3836. - Чернобыль, 2001. - 337 арк.

2. Анализ текущей безопасности объекта «Укрытие» и прогнозные оценки развития ситуации: (Отчет) / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины, выполнен по соглашению № 3, по теме № 4 генерального договора № 1/95 между ПО ЧАЭС и МНТЦ «Укрытие». - Арх. № 3601. – Чернобыль, 1996. – 272 арк.

3. Фролов В. В. Аномальный инцидент 27 - 30 июня 1990 г. в объекте «Укрытие» Чернобыльской АЭС // Атомная энергия. – 1996. - Т. 80. - Вип. 3. - Арк. 216 – 219.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА ШЛЯХОМ ЗМІНИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЯЦІЙНОГО ТРАКТУ

Теплова безпека зберігання відпрацьованого ядерного палива (ВЯП) є одним з ключових питань безпеки зберігання. Проведено чисельну оцінку теплового стану ВПЗ з використанням ітеративного підходу, що базується на розв'язанні прямих спряжених та обернених задач теплообміну [1].

Кожен контейнер містить герметичний накопичувальний контейнер, який містить 24 ВВЕР-1000 ВПЗ. Охолодження відбувається за рахунок переміщення повітря через вентиляційні тракти. Швидкість охолоджуючого повітря і інтенсивність теплообміну залежать від гідравлічного опору вентиляційних каналів. Таким чином, зміна геометричних характеристик вентиляційних каналів контейнера для зберігання призводить до зміни їх гідравлічного опору і, як наслідок, до зміни теплового режиму контейнера з паливом. В даній роботі змінювалось дві характеристики бетонного контейнера: ширину кільцевого каналу и висоту верхніх z-образних каналів (Рис.1).

Вибір оптимальних значень геометричних характеристик вентиляційної системи контейнера для зберігання відпрацьованого палива здійснювався за двома критеріями: максимальна температура бетону і максимальна температура контейнера.

Аналіз отриманих результатів показав, що можна знизити рівень температури в контейнері з відпрацьованими тепловиділяючими вузлами за рахунок зменшення геометричних характеристик вентиляційних каналів. Проте рішення повинно прийматися з урахуванням технології завантаження контейнерів.

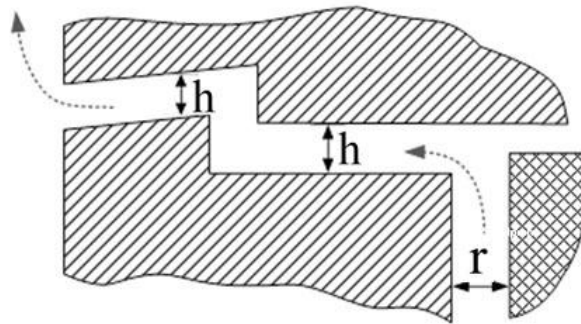


Рис.1. Параметри контейнера, які змінювалися

Перелік посилань:

1. Alyokhina S. Simulation of thermal state of containers with spent nuclear fuel: multistage approach / S. Alyokhina, V. Goloshchapov, A. Kostikov, Yu. Matsevity // International Journal of Energy Research. – 2015. – V. 39, Iss. 14, Nov. – P. 1917–1924, DOI: 10.1002/er.3387

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ FORTRAN І ЗKEYMASTER ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ПМТ ВВЕР-1000 НА АЕС УКРАЇНИ

Повномасштабний тренажер (ПМТ) - програмно-технічний засіб професійної підготовки персоналу, що реалізує адекватні характеристики об'єкта управління і штатний оперативний людино-машинний інтерфейс, оснащений навчально-методичним забезпеченням процесу навчання і його контролю, для формування і вдосконалення в учнів навичок та умінь по управлінню енергооб'єктом в штатних і аварійних ситуаціях з гарантованим рівнем його безпеки.

Повномасштабний тренажер призначений для навчання та підвищення кваліфікації оперативного персоналу енергетичних підприємств. Дозволяє відпрацьовувати весь спектр професійних навичок оперативних працівників підприємств - від понятійних до моторних, тобто виробляти і закріплювати навички прийняття рішень і управління енергооб'єктом в штатних, позаштатних та аварійних ситуаціях.

При моделюванні ПМТ в Україні до теперішнього часу використовувався програмний код FORTRAN. В зв'язку з цим 2018 року на ПМТ ВВЕР-1000 РАЕС-3 виконується модернізація з використанням програмного комплексу ЗKEYMASTER. Виконаний порівняльний аналіз цих програмних комплексів показав наступне.

Основні переваги використання ЗKEYMASTER:

- Моделювання здійснюється не через безпосереднє створення та компіляцію коду, а за допомогою графічного інтерфейсу, що набагато спрощує процес моделювання, та є більш простим для розуміння моделі інструкторами навчально-тренувального центру.

- Відсутність необхідності безпосереднього написання коду модельєром спрощує підбір та навчання персоналу.

- Пошук помилок в моделі з використанням ЗKEYMASTER є набагато простішим процесом.

- Наявність прямого зв'язку між документацією та моделлю систем через додаток ЗKEYSAFE.

Основні недоліки використання ЗKEYMASTER:

- Через наявність графічного інтерфейсу більше навантаження на сервер, тому виникає необхідність у більш технологічному та дорогому обладнанні.

- Новий на ринку України, тому поки не покриває всіх необхідних спектрів особливостей моделювання ПМТ України.

- Теплогідрравлічні моделі ЗKEYMASTER є більш складними та вимогливими до деталей, що збільшує час, необхідний для виконання моделі

Загалом використання ЗKEYMASTER при моделюванні ПМТ є більш прийнятним, через загальну меншу вартість проекту з використанням цього програмного комплексу, але результати експлуатації є більш важливим критерієм, по якому в Україні даний програмний комплекс оцінити неможливо

Перелік посилань:

1. <https://www.wscorp.com/LiveEditor/images/brochures/3KEYMASTER%20Platform%20Product%20sheet%202016.05.18.pdf>.

Аспірант Шлапак І.І.; магістрант 2 курсу, гр. ТЯ-61мн Трофименко О.Р.
Проф., д.т.н. Носовський А.В.

ВИКОРИСТАННЯ ДИФУЗІЙНОГО НАБЛИЖЕННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ПОТВЕЛЬНОГО ЕНЕРГОВИДІЛЕННЯ

Розвиток безпечної ядерної енергетики є однією з актуальних задач сьогодення. Використання ядерного палива потребує неперервного та оперативного контролю за всіма параметрами енергоблоку та активної зони. Задача контролю за енерговиділенням в об'ємі активної зони виконується за допомогою системи внутрореакторного контролю.

Одним з показників безпечної роботи активної зони є лінійне енерговиділення твел. При наближенні робочих параметрів до максимально допустимого значення формується сигнал ПЗ-2. Тому важливо точно визначити робочі параметри кожного з твел в активній зоні.

Сучасний математичний апарат СВРК не дає можливість прямого розрахунку поля енерговиділення твел. Тому використовується метод суперпозиції, при якому розраховане поле енерговиділення по ТВС накладається на нерівномірність енерговиділення твел в ТВС розрахованому при дзеркальних граничних умовах. Такий підхід не може враховувати багато факторів, тому для отримання консервативних значень використовують коефіцієнти запасу.

В доповіді запропоновано новий метод визначення потвельного поля енерговиділення, який використовує прямі розрахунки дифузійним наближенням. Проведені тестові розрахунки однієї ТВС з градієнтом щільності потоку нейтронів по площі. Отриманні результати порівнювались з Монте-Карло моделюванням.

Отриманні результати свідчать про те, що нейтронна модель може бути використана для повнозонних розрахунків потвельного енерговиділення.

Перелік посилань:

1. Sanchez R. Assembly homogenization techniques for core calculations // Progress in Nuclear Energy - 2009 – Vol. 51 – P. 14 – 31
2. Системы внутрореакторного контроля аэс с реакторами ВВЭР/[В.А. Брагин, И.В. Батенин, М.Н. Голованов и др.]; Под ред. Г.Л. Левина. М.: Энергоатомиздат, 1987, 128 с.
3. Шишков Л.К. Методы решения диффузионных уравнений двухмерного ядерного реактора / Л.К. Шишков. – М.: Атомиздат, 1976. – 112 с.
4. Гальченко В.В. Використання програмного продукту SERPENT на основі методу Монте-Карло для розрахунку характеристик тепловиділяючої збірки реактора ВВЕР-1000 // В.В. Гальченко, В.І. Гулік, І.І. Шлапак - Ядерна фізика та енергетика Т. 17 № 3 - 2016

СУБКРИТИЧНИЙ РЕАКТОР, КЕРОВАНИЙ ПРИСКОРЮВАЧЕМ

Підкритичний реактор, керований прискорювачем (accelerator-driven system – ADS) – це новий тип енергетичного ядерного реактора, що складається з підкритичного реактора і високоенергетичного прискорювача, що генерує пучок електронів або протонів. Цей пучок служить для отримання нейтронів, що викликають реакцію поділу, в результаті якої виділяється достатньо велика кількість енергії.

До складу підкритичного реактора входять: високоенергетичний протонний або електронний прискорювач високих енергій (100-200 MeV і більше) зі струмом ≥ 10 мА, мішень з важких елементів (Pb, W, U ...), активна зона, де відбувається ділення під дією швидких нейтронів, теплових нейтронів або їх комбінації.

ADS добре пристосований для спалювання палива, яке виробляє невелику кількість запізнілих нейтронів, і в критичних реакторах призводить до поганого управління реактивністю. Підвищена безпека ADS забезпечується управлінням струму пучка. Коли прискорювач вимкнений, процес ділення припиняється.

Активна зона підкритичної збірки на теплових нейтронах складається з уранових паливних елементів із низьким збагаченням, або навіть із природнім ізотопним складом.

Такий реактор має чимало переваг перед аналогами у вигляді критичних реакторів:

- підкритичність означає, що процес не зможе перейти в некерований стан. Досить вимкнути прискорювач і ланцюговий процес ділення загасне.
- У системі можна використовувати торій.
- В ADS може ефективно спалюватися плутоній, що позитивно позначається на проблемі нерозповсюдження ядерної зброї.
- Виключається необхідність в дорогій і енергозатратній процедурі збагачення урану.
- Виробляється менше радіоактивних відходів. Відходи ADS через 500 років повинні мати активність вугільної золи.

Однак є і кілька недоліків підкритичних установок. Один з них полягає в тому, що необхідні складні технології охолодження мішені. Також слід додати, що реактор разом з прискорювачем мають досить великі габарити, тому для його будівництва потрібен майданчик з великою площею.

Перелік посилань:

<http://nuclphys.sinp.msu.ru/ne/ne7.htm>

<https://tnenergy.livejournal.com/63810.html>

https://elementy.ru/novosti_nauki/164687/Tri_v_odnom_lineynyy_kollayder_yadernyy_reaktor_i_neytrinnaya_fabrika

ДЖЕРЕЛО НЕЙТРОНІВ В СУБКРИТИЧНОМУ РЕАКТОРІ

Підкритична збірка - дослідницька ядерна установка, в якій неможлива самопідтримуюча ланцюгова ядерна реакція. В підкритичній збірці на джерелі нейтронів можливе проведення досліджень в наступних напрямках:

- виробництво медичних ізотопів;
- радіаційне матеріалознавство;
- фізика конденсованої речовини;
- дослідження з нових ядерних систем;
- підготовка фахівців в області ядерної фізики і енергетики.

В Україні існує експериментальна база для нейтронно-фізичних досліджень з використанням інтенсивних потоків нейтронів, яка збудована Харкові під назвою «Джерело нейтронів, засноване на підкритичній збірці, що керується лінійним прискорювачем електронів». Основними компонентами установки є лінійний прискорювач електронів, система транспортування пучка електронів від лінійного прискорювача на мішень, нейтроноутворююча мішень, підкритична збірка, нейтронні канали, біологічний захист і допоміжні системи.

В підкритичній збірці джерелом первинних нейтронів є нейтроноутворююча мішень, у якій в результаті (γ , n)-реакції на гальмівному пучку γ -квантів народжуються фотонейтрони, які викликають поділ урану і, таким чином, підкритична збірка підсилює первинні нейтрони з певним коефіцієнтом підсилення. Чим вище потужність первинного джерела фотонейтронів, тим більша щільність потоку нейтронів в підкритичній збірці.

Для генерації нейтронів використовуються матеріали мішені з великим атомним номером. Крім того, при виборі матеріалів мішені бажаними характеристиками є висока температура плавлення, висока теплопровідність, хімічна інертність, висока радіаційна стійкість і невелике переріз поглинання нейтронів.

Як матеріал для нейтроноутворюючої мішені розглядаються природний уран (0.714% ^{235}U) і вольфрам. Уран і вольфрам забезпечують найвищий вихід нейтронів для енергії електронів в діапазоні 50-200 МеВ.

Вихід нейтронів на 1 електрон стабільно збільшується в міру збільшення енергії електронів. Однак при постійній потужності пучка електронів кількість нейтронів в секунду досягає значення насичення. Отже, електрони з енергією, що перевищує 150 МеВ, забезпечують максимальний вихід нейтронів при існуючій потужності пучка.

Високі втрати енергії в нейтроноутворюючій мішені вимагають окремого ланцюга охолодження для відведення тепла від мішені. Для цього виділяють окремі напрямки теплофізичних досліджень.

Варто відзначити, що підкритичний реактор сьогодні виглядає досить важким і складним рішенням. Але, не дивлячись на це, ця концепція є актуальною по всьому світу, і дозволяє розвивати різні напрямки наукових та прикладних досліджень.

Перелік посилань:

Неклюдов И.М. ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ, ОСНОВАННЫЙ НА ПОДКРИТИЧЕСКОЙ СБОРКЕ, УПРАВЛЯЕМОЙ ЛИНЕЙНЫМ УСКОРИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРОНОВ / Неклюдов И.М.. – м.Харків, 2008. – 70 с.

<https://tnenergy.livejournal.com/63810.html>

Студент 3 курсу, гр. ТЯ-61 Ситник В.О.
Доц., к.ф.-м.н. Лещенко Б.Ю.

БУДОВА ТЕРМОЯДЕРНОГО РЕАКТОРУ

Простий аналог серця термоядерного реактора – сонце. Але навіть в сонця не така велика температура, адже в центрі сонця близько 15 млн° С, а температура іонізованої речовини (плазми) в термоядерному реакторі 100 млн ° С [1]. Основна задача цих реакторів за допомогою магнітних полів ізолювати від матеріальних стінок реактора високотемпературну плазму.

Одним з шляхів вирішення цієї проблеми і контролювання плазми є ТОКАМАК (ТОроїдальна КАмера з МАгнітними Котушками). В ньому за допомогою магнітних полів і електричного струму утримується плазма в вакуумній камері, цим ТОКАМАК відрізняється від стелараторів, які є однією з альтернативних схем утримання плазми. Як приклад розглянемо ТОКАМАК, що будується наразі в Кадараші на півдні Франції ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*)[2]

В виступі буде більш детально розглянуто Структура комплексу ITER і саму будову реактору, а саме:

- Вакуумну камеру –місце де знаходиться високотемпературна плазма.
- Бланкет- призначений для сповільнення нейтронів, і можливо в майбутньому, місце де буде вироблятися тритій.
- Дивертор- служить для очищення плазми від домішок, що зменшує радіаційні втрати і тим самим покращує параметри реактору.
- Кріостат- найбільша частина токамаку, виконує функції: опори, захисту, «термоса», для надпровідності.
- Магнітну систему - комплекс елементів, що служать для утримання і контролю плазми всередині вакуумної камери [3].

Метою даної роботи є детальний огляд будови термоядерного реактора, на прикладі ITER.

Перелік посилань:

- 1.Фридман В. ITER//в мире науки.-2014.-№6-с62-69.
- 2.<https://ru.wikipedia.org/wiki/>
- 3.<http://spacegid.com/iter-mezhdunarodnyiy-termoyaderniyiy-reaktor-iter.html>

РЕАКТОР ЖУЛЯ ГОРОВИЦЯ: НОВИЙ ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РЕАКТОР, ПРИСВЯЧЕНИЙ ВИПРОБУВАННЮ ПАЛИВА ТА МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЯДЕРНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Майбутній реактор для тестування матеріалу Жюля Горовиця - це водний реактор басейну, що будується в центрі СЕА Cadarache. Це велика науково-дослідна інфраструктура в Європейському дослідницькому просторі для наукових досліджень нових матеріалів і палив під опроміненням (поведінка при репрезентативних теплових умовах, нейтронних потоках і, можливо, під напругою). Реактор буде виконувати науково-дослідні програми з оптимізації АЕС нинішнього покоління, підтримувати розвиток наступного покоління АЕС (в основному LWR), а також пропонувати потужності опромінення для майбутніх реакторів. JHR розроблений, побудований і буде функціонувати як міжнародний об'єкт користувача, відкритий для міжнародного співробітництва. Для того, щоб відповідати еволюції вимог безпеки та гарантувати довгострокові операції, стандарти безпеки будівельних робіт JHR були значно покращені в порівнянні з MTR, побудованими в 60-х роках. В даний час завершені будівельні роботи, і СЕА почали експлуатувати цей реактор у 2016 році.

Ядро реактора висотою 60 см, діаметром 70 см, призначене для роботи на 100 МВт і забезпечує експериментальні порожнини, що розміщують експериментальні пристрої. 10 експериментальних ділянок, розташованих усередині реакторної зони, мають діаметр від 30 до 95 мм і забезпечують високі швидкості потоку нейтронів. Місця, розташовані в навколишньому відбивачі активної зони реактора, мають максимальний діаметр 200 мм і забезпечують високі умови потоку теплових нейтронів. Конструкція об'єкта дозволяє одночасно проводити 20 експериментів з великим діапазоном потоків нейтронів і спектрів нейтронів. Для випробування технології поділу і термоядерного синтезу, розробка деяких експериментальних пристроїв дозволить досліджувати опромінення в умовах високих температур до 1000°C. Для дослідження матеріалів для технологій термоядерних реакторів, JHR може запропонувати свої центральні місця в активній зоні реактора, які забезпечують найвищий потік швидких нейтронів (до 10^{15} см⁻²с⁻¹ E> 0.1MeV), що відповідає матеріальному пошкодженню 16 dpa/ рік

Перелік посилань:

1. P. ROUX, C. GONNIER, G. BIGNAN CEA Cadarache Centre, Atomic Energy and Alternative Energies Commission (CEA), St Paul lez Durance, France patrick.roux@cea.fr
2. X. BRAVO CEA Saclay Nuclear Research Centre, Atomic Energy and Alternative Energies Commission (CEA), Gif Sur Yvette, France
3. J. Estrade, G. Bignan, et X. Bravo, « The Jules Horowitz Reactor: a new high performance MTR (material testing reactor) working as an international user facility in support to nuclear industry, public bodies and research institutes », in RRFM 2015, 2015, p. 619 626.hh
4. M. Antony et al. « Moly production in the Jules Horowitz Reactor: capacity and status of the development », IGORR 2017
5. D. Parrat, M. Tourasse, J. C. Brachet, G. Bignan, J. P. Chauvin, et C. Gonnier, « Nuclear fuels and materials qualification programs in the European Jules Horowitz material testing reactor », in LWR Fuel Performance Meeting, Top Fuel 2013, 2013, vol. 2, p. 1098 1105.hh

УДК 53.08

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-52 Завальнюк С.М.

Проф., д.т.н. Кравець В.Ю.

АНАЛІЗ ВІДПОВІДНОСТІ ОСНОВНИХ НЕЙТРОННО-ФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АКТИВНОЇ ЗОНИ ПІСЛЯ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ПАЛИВА

Мета роботи: підтвердження відповідності експериментально отриманих значень основних нейтронно-фізичних характеристик активної зони основним проектним та розрахунковим значенням при пуску енергоблоку після перевантаження палива. [1,2].

Завдання роботи: виконати розрахунок значень основних нейтронно-фізичних характеристик, а також їх похибок, на підставі експериментальних даних, отриманих при проведенні випробувань. Порівняти отримані результати з основними проектними та розрахунковими значеннями нейтронно-фізичних характеристик активної зони.

Після завершення перевантаження ядерного палива проводяться випробування з підтвердження проектних і розрахункових нейтронно-фізичних характеристик активної зони, включаючи вимірювання ефективності аварійного захисту і робочої групи ОР СУЗ. У процесі випробувань проводиться перевірка на відповідність експериментальних результатів розрахунковим параметрам.

У процесі випробувань проводиться перевірка наступних основних нейтронно-фізичних характеристик:

- визначення температурного коефіцієнта реактивності при положенні десятої групи ОР СУЗ от 20 % до 40 %;

- визначення ефективності десятої групи ОР СУЗ і коефіцієнта реактивності по концентрації борної кислоти на МКР потужності;

- визначення температурного коефіцієнта реактивності при положенні десятої групи ОР СУЗ от 70 % до 90 %;

- визначення ефективності аварійного захисту з імітацією застрявання в крайньому верхньому положенні одного найбільш ефективного ОР СУЗ і його подальшим скиданням.

Роботи по перевірці основних нейтронно-фізичних характеристик проводяться на початку роботи паливної кампанії, після виведення РУ на МКР потужності, перевірки зчеплення ОР СУЗ з приводами і стабілізації параметрів РУ.

Роботи по визначенню температурного коефіцієнта реактивності, визначення ефективності десятої групи ОР СУЗ і коефіцієнта реактивності по концентрації борної кислоти проводяться в стані РУ «МКР потужності».

Роботи по визначенню ефективності аварійного захисту проводяться в стані РУ «МКР потужності» або в стані РУ «Робота на потужності».

При виявленні недопустимих розбіжностей між розрахунками та результатами випробувань, РУ необхідно перевести в стан, при якому гарантується не перевищення експлуатаційних меж, установити причину розбіжностей та виконати належні коригувальні заходи.

Перелік посилань:

1. НП 306.2.145-2008 «Правила ядерної безпеки реакторних установок станцій з реакторами з водою під тиском».

2. СОУ НАЕК 064:2013 «Перевантаження палива в реакторі ВВЕР-1000. Номенклатура експлуатаційних нейтронно-фізичних розрахунків та експериментів».

УДК 621.039.546.8

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-51 Карзаков К.М.

Асист., к.т.н. Гуменюк Д.В.

ДИВЕРСИФІКАЦІЯ ПАЛИВА АЕС

АЕС України були спроектовані ще за років СРСР, дослідно-конструкторським бюро ОКБ «Гидропресс». Паливо яке використовується, також радянського походження, що сприяє монополізації паливного ринку, тому одним із завдань, передбачених Енергетичною стратегією України на період до 2030 року (прийнята в 2006 році), є «диверсифікація зовнішніх джерел постачання енергетичних продуктів, а також маршрутів їх транспортування». Новим партнером з поставки ядерного палива стала американська компанія «Westinghouse».

Альтернативне ядерне паливо, повинно бути сумісне з паливом, що розробляється компанією ТВЕЛ, під час експлуатації змішаних активних зон. Для тестової експлуатації ядерного палива Westinghouse було обрано енергоблок №3 Южно-Української АЕС.

Проект був реалізований у два етапи:

- було виготовлено, поставлено та випробувано шість тестових збірок;
- відповідно до другого етапу було виготовлено та завантажено для тестової експлуатації перевантажувальної партії з 42 паливних збірок Westinghouse.[1]

Спроби України диверсифікувати поставки зіткнулися з цілком очікуваною протидією Росії, яка бажає зберігати за собою роль монополіста. Як наслідок, почалася активна кампанія проти поставок Westinghouse. З'явилася інформація, що паливо американської компанії не може підійти для реакторів, конструкція яких нібито розрахована на використання російського палива.

НАЕК «Енергоатом» виконано значний обсяг робіт з обґрунтування впровадження ТВЗ виробництва Westinghouse на АЕС України.

За станом на 1 січня 2018 року ядерне паливо виробництва компанії Westinghouse експлуатується на енергоблоках №2, №3 ЮУАЕС і №1, №3, №4, №5 ЗАЕС. Фактично це 40% ринку палива для українських блоків. Такий рівень завантаження буде до 2020 року, а в 2021-му заплановано першу партію американського палива, що завантажить блок №3 Рівненської АЕС і довести кількість блоків ВВЕР-1000 до семи.[2]

Метою моєї роботи є визначення та вдосконалення підходів з моделювання змішаних завантажень активних зон (касетами виробництва «ТВЕЛ» та Westinghouse).

Перелік посилань:

1. S.BOZHKO. Results of the Westinghouse fuel test operation at Ukrainian NPP units. WENRA Spring Meeting, Geneva, 25-27 March 2015.
2. A. ABDULLAYEV, Y. ALESHIN, G. KULISH, P. LASHEVICH, R. LATORRE, O. SLYEPTSOV, S. SLYEPTSOV, D. SOKOLOV, J. SPARROW. Westinghouse Fuel Assemblies Performance after Operation in South-Ukraine NPP Mixed Core. 10th International Conference on WWER Fuel Performance, Modelling and Experimental Support, 7-14 September, 2013, Sandanski, Bulgaria

ВИЗНАЧЕННЯ НАЙБІЛЬШ ЕФЕКТИВНОЇ ПРОЦЕДУРИ ВІДНОВЛЕННЯ ПРИ АВАРІЇ З ПРОТІЧКОЮ ПЕРШОГО КОНТУРУ

В наш час атомна енергетика має значний вплив на розвиток енергетики в світі. Ключовим фактором розвитку атомної енергетики є забезпечення радіаційної безпеки під час вироблення електроенергії на АЕС.

Для цього потрібно уникнути подій, які призведуть до аварійних ситуацій, або до швидкої локалізації цих ситуацій. Однією з них є аварійна ситуація з протічками теплоносія першого контуру. Небезпеку складає той фактор, що теплоносій є радіоактивним.

Метою роботи є аналіз аварії і визначення найбільш ефективної процедури відновлення. Для цього 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 з урахуванням одиничної відмови.

Перелік посилань:

1. Общие положения безопасности атомных станций (ОПБ 2008), НП306.2.141-2008, Государственный комитет ядерного регулирования Украины, Киев, 2008.
2. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. ПНАЭ Г-7-008-89. ГАЭН СССР, 1990.
3. Guidelines for Accident Analysis of WWER Nuclear Power Plants. IAEA-EBP-WWER-01, 1995.
4. EUR. Требования Европейских Энергетических компаний к АЭС с легководными реакторами. Том 2. Глава 1. Приложение А. NUREG-1465. Accident Source Terms for Light-Water Nuclear Power Plants. 1995.

ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПЕКИ ВВЕР-1000 В АВАРІЯХ З ЛОКАЛЬНОЮ ДЕФОРМАЦІЄЮ ПОЛЯ ЕНЕРГОВИДІЛЕННЯ

Актуальність даної проблеми полягає в тому, що локальні нерівномірності в розподілі енерговиділення, що виникають за рахунок різних причин в активних зонах реакторів ВВЕР, і інших типів, можуть знижувати теплотехнічні запаси, зменшувати надійність і термін служби палива, приводити до посилення експлуатаційних обмежень і перешкоджати впровадженню корисних нововведень. Це, в кінцевому рахунку, знижує конкурентоспроможність ядерної енергетики взагалі або вітчизняної ядерної енергетики зокрема, і робить актуальною задачу усунення або зменшення шкідливого впливу таких нерівномірностей.

Стационарні нерівномірності енерговиділення виникають внаслідок збурень, детермінованих або імовірносних, обумовлених неоднорідностями (конструктивними і в матеріальному складі) в активній зоні і порівняно повільно змінюються - або в процесі вигорання палива, або при перерозподілі розмножуючих властивостей в активній зоні.

Розглядаються наступні заходи, спрямовані на усунення або зменшення несприятливого впливу локальних піків енерговиділення, що підвищує надійність палива і полегшує обґрунтування безпеки:

- 1) удосконалення методів розрахунку величини локальних піків і методів обліку їх впливу,
- 2) оптимізація геометричних розмірів палива і їх технологічних допусків,
- 3) модернізація конструкції ТВЗ діючих реакторів ВВЕР-1000 для зменшення їх викривлення,
- 4) поліпшення аксіального профілю енерговиділення і радіального розподілу, а також зниження стрибків енерговиділення після перевантажень палива за рахунок удосконалення фізичного профілювання збагачення палива.

Метою даної роботи є аналіз джерел виникнення нерівномірностей енерговиділення реакторів ВВЕР, розрахунок величин нерівномірностей, розробка способів їх прямого усунення або зменшення їх впливу за рахунок підвищення рівня технології виробництва та рівня розрахункового обґрунтування, а також шляхом удосконалень конструкції і матеріального складу ТВС, які підвищують безпеку і ефективність топливо-користування.

Перелік посилань:

1. Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций ПБЯ РУ АС-89, ПНАЭ Г-1-024-90.
2. И.Н.Васильченко и др. Повышение надежности конструкции топливных сборок ВВЭР-1000. Presented at the Stoller Energietechnik (SEG) Workshop on WWER Fuel Reliability and Flexibility. Rez, Czech Republic, 17-19 June 1996.
3. Г.Л.Пономаренко. Учет влияния искривления ТВС ВВЭР-1000 на мощность твэлов. В журнале "Атомная энергия", сентябрь 1999, том 87, вып. 3, с.210-^213.

АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ ТА РЕМОНТОПРИДАТНОСТІ ЗВОРОТНИХ КЛАПАНІВ НА ТРУБОПРОВОДАХ ГОСТРОЇ ПАРИ

На деяких енергоблоках ВВЕР-1000 встановлені нерозбірні зворотні клапани типу 904-600-0 виробництва Чеховського заводу енергетичного машинобудування (ЧЗЕМ). Для проведення капітального ремонту або ліквідації дефектів знімних частин необхідно вирізати з наступною приваркою зворотного клапана в трубопровід. На деяких енергоблоках ВВЕР-1000, внаслідок ремонтів зворотних клапанів з вирізкою, майже вироблені допустимі довжини патрубків приварки корпусу клапану до паропроводу. Це призводить до необхідності або реконструкції трубопроводів гострої пари, або заміни зворотних клапанів.

На енергоблоках №1,2 ЮУ АЕС встановлені зворотні клапани типу 904-600-0б, які мають технологічний люк, який дозволяє проводити візуальний огляд внутрішньо корпусних деталей, а також ущільнень зворотного клапану без демонтажу клапану.

Для оцінки подальшої безпечної експлуатації зворотних клапанів пропонується :

1.Провести ресурсний аналіз корпусів і знімних частин зворотних клапанів з визначенням залишкової довжини патрубків клапанів.

2.Оцінити достатність організаційно-технічних заходів по експлуатаційному контролю зворотних клапанів.

3.Оцінити фактичні показники надійності зворотних клапанів при експлуатації.

Провівши дослідження зворотних клапанів, які використовуються на енергоблоках ВВЕР-1000 АЕС України оцінити необхідність заміни їх на більш досконалі зворотні клапани типу 1146-600-0 виробництва ЧЗЕМ, які оснащені кришкою для виконання ремонту або усунення дефектів знімних частин.

Для цього необхідно провести випробовування вже встановлених клапанів та клапанів нового типу. Провести техніко-економічне обґрунтування доцільності такої заміни , а також розробити універсальну методику, для всіх енергоблоків з реактором типу ВВЕР-1000 України, для апробації та заміни зворотних клапанів на трубопроводах гострої пари.

Перелік посилань:

1. Звіт про екологічну оцінку Комплексної (зведеної) програми підвищення безпеки енергоблоків атомних електростанцій України [Електронний ресурс]. Режим доступу: [<http://www.sngc.gov.ua/nuclear/doccatalog/document?id=300802>].

2. Звіт про виконання заходу «Отчет о выполнении мероприятия №22203 «Обследование обратных клапанов на трубопроводах острого пара с целью определения остаточного ресурса и замены их (при необходимости) по результатам обследования» Комплексной (сводной) программы повышения уровня безопасности энергоблоков атомных электростанций на энергоблоке №1 ОП ЮУАЭС» узгоджено Держатомрегулювання України (лист від 05.04.2013 №15- 04/2434).

3. Акт №АК.1.0010.7440 от 13.06.2012 «Проверки работоспособности обратных клапанов 1RA10,20,30,40SO2».

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-52 Матковський А.В.
Асист. Остапенко І.А.

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ШРУ-А ПРИ СКИДАННІ
ПАРОВОДЯНОЇ СУМІШІ, ВОДИ ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ НАДІЙНОГО
ВИКОНАННЯ ФУНКЦІЇ АВАРІЙНОГО СКИДАННЯ**

На енергоблоках АЕС України з ВВЕР-1000/В-320 встановлені ШРУ-А(виробник – ВО «ЧЗЕМ», м. Чехов, Московська обл., РФ), в ТУ на які відсутня інформація в частині атестації роботи арматури ШРУ-А на воді і пароводяній суміші. На сьогоднішній день дана проблема існує на всіх АЕС, окрім Южно-Української.

Для усунення невідповідностей ШРУ-А правилам і нормам, щодо безпеки чинної в Україні та працездатності ШРУ-А при жорстких зовнішніх умовах і сейсмічних впливах. Та забезпечення працездатності ШРУ-А на парі, пароводяній суміші і воді у всьому діапазоні робочих тисків. Я пропоную розглянути шляхи для вирішення цієї технічної проблеми.

Усунення цієї невідповідності можливо при реалізації одного з таких варіантів вирішення проблеми:

- 1) Заміна експлуатованої арматури ШРУ-А на арматуру, що задовольняє чинним правилам і нормам з безпеки в атомній енергетиці;
- 2) Модернізація ШРУ-А шляхом заміни виймальних частин і приводів арматури на виймальні частини і приводи, що задовольняють чинним правилам і нормам з безпеки в атомній енергетиці.

Необхідно виконати аналітичні розрахунки, що підтверджують можливість роботи встановлюваних ШРУ-А на воді і пароводяній суміші.

Перелік посилань:

1. Звіт про екологічну оцінку Комплексної (зведеної) програми підвищення безпеки енергоблоків атомних електростанцій України [Електронний ресурс]. Режим доступу: [<http://www.sngc.gov.ua/nuclear/docscatalog/document?id=300802>].
2. Технічний звіт № 38-КОРО-13, погоджений вих. ДІЯРУ № 15-31/3-7579 від 30.10.2013..
3. Технічний звіт № 02.ЮУАЭС.13804_12.ОТ.4 погоджений ДІЯРУ вих. № 18-31/3-2/2077 від 31.03.2015.
4. Загальні положення безпеки атомних станцій [НП 306.2.141-2008].

УДК 621.039.4

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-52 Микитюк І.О.

Доц., к.т.н. Рогачов В.А.

ДІАГНОСТИКА ГЕРМЕТИЧНОСТІ ТВЕЛА В ТВЗ НА ЯДЕРНІЙ УСТАНОВЦІ ТИПУ ВВЕР-1000

Контроль герметичності оболонок (КГО) ТВЕЛів ТВЗ на працюючому реакторі проводиться з ціллю раннього виявлення і стеження за розвитком з'явившихся дефектів в оболочках ТВЕЛів, недопущення експлуатації реакторної установки (РУ) при перевищенні допустимих меж пошкодження оболонок ТВЕЛів і з ціллю визначення необхідності і об'ємів КГО на зупиненій РУ. КГО ТВЕЛів на працюючому реакторі відбувається шляхом відбору та підготовки проб, вимірювання та аналізу питомих активностей реперних радіонуклідів I-131, I-132, I-133, I-134, I-135 в теплоносії першого контура. Додатково контролюється питома активність Cs-134, Cs-137 і продуктів активації (Na-24, K-42).

Контроль герметичності оболонок ТВЕЛів ТВЗ на зупиненому реакторі під час планово-попереджувальних робіт проводиться з ціллю індивідуального відбракування ТВС і видачі рекомендацій по зниженню питомої активності теплоносія першого контуру. КГО на зупиненому реакторі може відбуватися наступними шляхами: за допомогою системи виявлення дефектів збірок (СВДЗ), за допомогою пенального методу та за допомогою сиппінг-контроля.

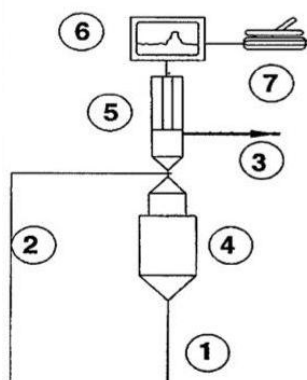


Рис. – Принципова схема системи сиппінг-контроля

1 - лінія подачі проб води; 2 - зворотня лінія води; 3 - скидна лінія газу; 4 - система дегазації; 5 - газові аналізатори; 6 - збір даних / система аналізу; 7 – принтер

Перевагами використання сиппінг-контролю є: 1)100% контроль герметичності ТВЗ в процесі їх перевантаження; 2)зменшення кількості транспортних операцій з ТВЗ; 3)скорочення часу перевантаження; 4)скорочення потреби в чистій борованій воді; 4)скорочення рідких радіоактивних відходів; 5)зменшення дозових навантажень на персонал АЕС; 5)висока надійність знаходження ТВЗ з негерметичними ТВЕЛами; 6)збільшення безпеки поводження з паливом при перевантаженні.

Перелік посилань:

1. Вопросы контроля герметичности оболочек тепловыделяющих элементов при внедрении новых видов ядерного топлива на АЭС Украины с реакторами ВВЭР-1000 / В.И. Богорад, Т.В. Литвинская, А.В. Носовский, А.Ю. Слепченко // Киев, 2014.

2. Технологические основы автоматизированного управления свойствами ядерного топлива АЭС с ВВЭР-1000 / Р.Л. Гонтарь // Одесса, 2015

УДК 621.039.5

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-52 Одинець В.В.

Асист., к.т.н. Халімончук В.А.

НЕЙТРОННО-ФІЗИЧНІ РОЗРАХУНКИ В ОБГРУНТУВАННІ ПОТОЧНИХ ЗАВАНТАЖЕНЬ ВВЕР-440

Безпечна та ефективна експлуатація об'єктів ядерно-енергетичного комплексу України є однією з найважливіших проблем, що стоять перед сучасною прикладною наукою. До найбільш небезпечних об'єктів ядерноенергетичного комплексу України відносяться атомні електростанції (АЕС). Особливу роль в обґрунтуванні безпечної експлуатації покладено на організацію нейтронно-фізичного контролю та аналіз безпеки зазначених об'єктів.

З метою обґрунтування безпеки експлуатації запланованого паливного завантаження повинні бути виконані розрахунки нейтронно-фізичних характеристик.

Критерії обґрунтування паливних завантажень встановлені виробником палива і розробником проекту реакторної установки в проектних умовах експлуатації на величини пікінг-факторів (K_q , K_r), на величину і розподіл лінійних навантажень твела по висоті активної зони шляхом встановлення обмежень на K_v , виходячи з збереження запасів до кризи теплообміну;

Важливими характеристиками активної зони будь-якого реактора є коефіцієнти реактивності. Технічними засобами унеможливується введення позитивної реактивності одночасно двома і більше засобами впливу на реактивність, а також введення позитивної реактивності засобами впливу на реактивність при завантаженні і вивантаженні палива.

Основними задачами фізичного розрахунку є визначення в різних станах активної зони:

- Просторового розподілу енерговиділення;
- Коефіцієнтів реактивності, запасів та ефектів реактивності;
- Ефективності ОР СУЗ и систем ядерної безпеки.

У роботі наведено алгоритм розрахунків нейтронно-фізичних характеристик активної зони реактора та співставлення розрахункових даних з експериментальними.

Розрахунок детального розподілу щільності потоку нейтронів по простору і енергії являє собою, особливо для резонансної і теплової області енергій, досить складне завдання. Для цієї мети розробляються спеціальні розрахункові програми, які називаються спектральними кодами. З найбільш відомих з них і використовуваних в Україні є WIMS, HELIOS, PHOENIX, CASMO.

Перелік посилань:

1. Поводження з ядерним паливом. Перевантаження палива в реакторі ВВЕР-440. Номенклатура експлуатаційних нейтронно-фізичних розрахунків та експериментів» СОУ НАЕК 065:2013.

2. Правила ядерної безпеки реакторних установок атомних станцій з реакторами з водою під тиском.НП 306.2.145-2008.

УДК 621.039.4

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-52 Петричук І.О.

Доц., к.т.н. Рогачов В.А.

ВОДНО-ХІМІЧНИЙ РЕЖИМ У ПАРОГЕНЕРАТОРІ, РЕАКТОРА ТИПУ ВВЕР-1000

Накопичення відкладень продуктів корозії на теплообмінних поверхнях парогенератора (ПГ), впливає на надійність і економічність роботи енергоблоку внаслідок погіршення теплообміну і активізації корозійних процесів в ПГ. Відкладення які накопичилися на поверхні металу, призводять до збільшення концентрації корозійно активних сумішей (хлоридів, сульфатів) в шарі пористого шламу, що призводить до корозійного пошкодження металу теплообмінних труб ПГ.

Основним завданням хімічних відмивок в ПГ є видалення накопелів на теплообмінних трубах відкладень, шляхом перенесення їх в рідку форму і подальшого виносу відпрацьованої рідини на шламонакопичувач або для перепрацювання на установці системи водоочищення (СВО-3).

Технологія хімічної відмивання ПГ передбачає виконання двох етапів:

1-ий етап - високотемпературний режим видалення сполук заліза (температура відмивного розчину в ПГ від 100 до 130С).

2-ий етап - низькотемпературний режим видалення відновленої міді та мідних відкладень, пасивація теплообмінних поверхонь ПГ (температура відмивного розчину в ПГ не більше 70С).

Переклад відкладень в розчинну форму здійснюється за допомогою водних розчинів комплексоб'єднуючих - ЕДТА і ацетат амонію, окислювально-відновних компонентів - нітриту натрію, гідрозин-гідрату, коригуванням рН розчину з використанням аміаку і організації відповідного температурного режиму.

Перелік посилань:

1. Программа химической отмывки парогенераторов 2УВ20,40W01 энергоблока №2 Хмельницкой АЭС в ППР-2016.
2. «ВЫБОР ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВТОРОГО КОНТУРА АЭС С ВВЭР-1000» С.И. Брыков, Ю.В. Харитонов, Л.А. Сиряпина (ОКБ «ГИДРОПРЕСС») В.Ф. Тяпков, С.Ф. Ерпылева, ВВ. Быкова (ВНИИАЭС)

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВОДНЕВОЇ ВИБУХОБЕЗПЕЧНОСТІ РЕАКТОРУ ВВЕР-1000

Можливість горіння воднево-повітряних сумішей, що загрожують життю людей, цілісності захисної оболонки або працездатності критичного для безпеки обладнання на атомних електростанціях (АЕС) з водоохолоджуваними реакторними установками (РУ) враховувалася з моменту зародження атомної енергетики[1].

При нормальній експлуатації водень завжди присутній в теплоносії першого контуру РУ внаслідок радіолізу, термолізу та інших технологічних процесів. В умовах розвитку аварій можливі додаткові джерела генерації водню: пароцирконієва реакція, виділення водню внаслідок абляції бетону на позакорпусній фазі аварії, тощо[1].

Уроки аварії на АЕС Фукусіма показали, що виключення водневого вибуху або пом'якшення його наслідків є однією з при-пріоритетних проблем безпеки АЕС для умов важкої аварії. Основними джерелами водню при таких аваріях є пароцирконієва реакція і взаємодія розплаву з бетоном, які можуть призводити до викиду великої кількості водню в захисну оболонку РУ. Вибух такої маси водню безпосередньо загрожує цілісності елементів і конструкцій герметичного огороження АЕС.

Концепція забезпечення водневої безпеки базується на послідовній реалізації наступних принципів: попередження вибуху; захист від вибуху та організаційно-технічні заходи.

Для запобігання утворення вибухонебезпечних концентрацій водню під захисною оболонкою застосовуються пасивні каталітичні рекомбінатори водню (ПКРВ), які розташовуються в місцях найбільш імовірного скупчення водню, що дозволяє виконувати задану функцію при будь-якому стані атмосфери в ЗЛА

Розглянуто основні переваги пасивних каталітичних рекомбінаторів водню, а саме: пасивний принцип дії та широкий діапазон роботи по концентрації водню. До недоліків ПКРВ можна віднести невисоку питому швидкість окислення водню, утворення гарячих плям (можливо відкритого полум'я) та їх спонтанний характер.

Перелік посилань:

1. Кириллов И., Харитонов Н., Шарафутдинов Р., Хренников Н. Обеспечение Водородной Безопасности На Атомных Электростанциях С Водоохлаждаемыми Реакторными Установками. Современное Состояние Проблемы//Ядерная и радиационная безопасность. – 2017. – № 2(84)-2017 (3).
2. Ф1УГ1 ПЩ РФ-ФЭИ. Разработка мер по обеспечению водородной безопасности при запроектных авариях для энергоблоков №1 и №3 ЮУ АЭС.// 2011.

ВИЗНАЧЕННЯ НАЙБІЛЬШ ЕФЕКТИВНОЇ ПРОЦЕДУРИ ВІДНОВЛЕННЯ ПРИ АВАРІЇ З ПОРУШЕННЯМ РЕАКТИВНОСТІ І ПОЛЯ ЕНЕРГОВИДІЛЕННЯ

В наш час атомна енергетика має значний вплив на розвиток енергетики в світі. Ключовим фактором розвитку атомної енергетики є забезпечення радіаційної безпеки під час вироблення електроенергії на АЕС.

Для цього потрібно уникнути подій, які призведуть до аварійних ситуацій, або до швидкої локалізації цих ситуацій. Однією з них є аварійна ситуація з порушенням реактивності і поля енерговиділення.

Метою роботи є аналіз аварії і визначення найбільш ефективної процедури відновлення. Для цього потрібно послідовно виконати наступні етапи:

1. Аналіз вихідних подій, що призводять порушення реактивності і поля енерговиділення.
2. Аналіз розвитку аварії.
3. Аналіз ефективності роботи систем безпеки.
4. Аналіз ефективності можливих дій оперативного персоналу.
5. Аналіз впливу одиничної відмови на розвиток аварії.
6. Визначення критеріїв прийнятності при керуванні аварією

Перелік посилань:

1. Общие положения безопасности атомных станций (ОПБ 2008), НП306.2.141-2008, Государственный комитет ядерного регулирования Украины, Киев, 2008.
2. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. ПНАЭ Г-7-008-89. ГАЭН СССР, 1990.
3. Guidelines for Accident Analysis of WWER Nuclear Power Plants. IAEA-EBP-WWER-01, 1995.
4. EUR. Требования Европейских Энергетических компаний к АЭС с легководными реакторами. Том 2. Глава 1. Приложение А. NUREG-1465. Accident Source Terms for Light-Water Nuclear Power Plants. 1995.

АНАЛІЗ РАДІАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ОБЛАДНАННЯ АЕС

Радіаційна стійкість - це можливість матеріалів зберігати ряд своїх властивостей після впливу радіації. Розрахунок на цю тему є одним з найважливіших при проектуванні обладнання АЕС, адже з часом у нього після радіаційного випромінювання з'являються так звані радіаційні дефекти. Для контролю таких дефектів приймається ряд дій, таких як класифікація обладнання, матеріалів і т. д. Кваліфікація обладнання може здійснюватися наступними методами: випробування; аналіз; досвід експлуатації.

Випробування є найкращим методом. Під час випробувань робочі режими устаткування і умови навколишнього середовища встановлюються такими, на які дане обладнання розраховане, при цьому вимірюються характеристики обладнання. Моделювання впливу старіння становить важливу частину цієї програми.

Кваліфікація за допомогою аналізу вимагає побудови правильних аналітичних моделей елемента, що підлягає кваліфікації. Ці моделі повинні враховувати відповідні характеристики, включаючи матеріали і пристрій модельованих елементів, а також їх відому реакцію на навколишні умови.

Кваліфікація за допомогою використання досвіду експлуатації обмежена в зв'язку з неадекватністю документування показників роботи обладнання в "жорстких" навколишніх умовах. Метод кваліфікації на основі досвіду експлуатації може допомогти зрозуміти суть змін в поведінці матеріалів і устаткування з часом при реальних умовах їх роботи і обслуговування[1].

Основні етапи ОТС ЕК енергоблоку: виявити ефекти старіння і встановити потенційні механізми деградації, проаналізувавши технічну документацію та історію експлуатації, в тому числі подібних енергоблоків; встановити значення на поточний ПТС шляхом аналізу експлуатаційної документації; виконати додаткові обстеження технічного стану; оцінити поточні значення ПТС на відповідність критеріям прийнятності; встановити механізми деградації; встановити домінуючі механізми деградації; виконати аналіз старіння.

Аналіз старіння: виконується для ЕК, які підлягають УС і ДСЕ; враховує ефекти старіння; служить для підтвердження призначеного або обґрунтування перепризначеного терміну служби ЕК і підтверджується розрахунками, кваліфікацією обладнання або іншими методами; спрямований на забезпечення безпеки енергоблоку і відповідає вимогам діючих норм, правил і стандартів з ядерної та радіаційної безпеки; містить висновки про можливість виконання системою, елементом і конструкцією призначених функцій або служить підставою для таких висновків; входить до звіту з періодичної переоцінки безпеки безпосередньо або у вигляді посилань[2].

Перелік посилань:

1) СТП 0.03.083-2009. «Система стандартизации НАЭК "Энергоатом", КВАЛИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ».- Киев, 2009. -20 с.

2) ISSN 2073-6237. Ядерна та радіаційна безпека 3(67).2015 [Текст]/ С. П. Костенко, В. В. Клочко, О. І. Казимирська//«Управление старением и долгосрочная эксплуатация элементов и конструкций энергоблоков АЭС».-Киев, 2015.

PLASMA AS A SOURCE OF ENERGY FOR THE FUTURE. DEVELOPMENT OF PHYSICS OF PLASMA IN THE WORLD, ACHIEVEMENTS OF SCIENTISTS IN CONTROLLED THERMONUCLEAR FUSION

Introduction. In a few decades, our world will face the enormous problem of a shortage of fuel resources, to produce power, heat, and all the factors that emerge from our convenience. What is even worse is that there is a lot of waste from the fuel resources used today.

Objectives. Research and descriptions of the most possible ways to develop thermonuclear fusion.

Results. A study and description of some possible ways for the development of fusion stations were conducted.

Conclusion. It turns out that we all stand on the brink of collapse. Alternative energy sources will not be able to help us, because their contribution to the energy sector is very small. It remains for us to invest with all our might and finances in some of the most promising types of energy production, one of which is thermonuclear fusion, so that our children and grandchildren have a good future.

Currently, the development of new power generation stations is underway. They will work on thermonuclear fusion. That is, if at nuclear power plants we used the fission of heavy elements such as Uranium and Plutonium. Then at the stations of the new generation it is proposed to make the synthesis of light nuclei, which is much more efficient in terms of generated power, it is much cheaper and there is no radioactive waste [1].

Part of its fuel is deuterium (D) - cheap (it is mined from the world's oceans). Industrial tritium (T) is obtained by irradiating lithium-6 with neutrons in nuclear reactors. Li-6 stocks are significantly less than stocks of D, and this is one of the few problems [2].

Why don't we still use the plasma energy? The reaction is not yet controlled, and the plasma retention time is not yet long, but it grows every year.

If we invest more finance and force in ITER, we will achieve the intended results faster than the planned December 2025. And let's move on to the next stage - DEMO (a transitional link between ITER and the first commercial fusion reactors). Moreover, DEMOs are already being built in some countries of the world [3].

List of links:

1. Плазма как источник энергии будущего. Развитие физики плазмы в мире, достижения ученых в УТС.: works of the conference, 24-27 apr. 2018 year., Kiev. Т. 2 / responsible editor P. S. Pospelova. – Kiev : NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, 2018. – P. 1-2, – (Resource 2018).

2. 001. Да будет свет: Какое будущее у атомной энергетики? [electronic resource]: [subtitle video]. – 96 Min / 847 MB. – [K.] : YouTube UA Канал «Академия Яндекса», 2017. – video access mode: https://moneytubes.info/video/_еухАКр4pqI/

3. N+1 [electronic resource]: Плазменный шнур в токамаке EAST продержался дольше 100 секунд/ A.Voytyuk// online edition. - 2017. –Log access mode: https://nplus1.ru/news/2017/07/12/veryverylongfusion?utm_referrer=https%3A%2F%2Fzen.yandex.com

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ, ЩО ПІДВИЩУЮТЬ РІВЕНЬ БЕЗПЕКИ РОБОТИ РЕАКТОРІВ ДРУГОГО ТА ТРЕТЬОГО ПОКОЛІНЬ

Метою даної роботи є глибокий аналіз систем для забезпечення безпеки роботи реакторів другого та третього покоління, їх принципу дії, конструкції, а також вимог, що висуваються до них.

Зокрема в роботі будуть розглянуті пасивні системи захисту, які майже не потребують дій персоналу. Дані системи почали активно використовуватись на АЕС після Чорнобильської аварії в 1986 році, що змусила модернізувати принципи, методи та технології забезпечення захисту реакторів.

Пасивні системи безпеки забезпечують охолодження захисної оболонки та відвід залишкового тепловиділення. Вони працюють завдяки природнім силам, таким як тиск, температура, гравітація та іншим, що дає змогу відмовитись від попередніх використовуваних конструкцій, і відповідно зменшити кількість можливих відмов.

Дані системи дозволяють відмовитись від використання систем охолодження води, мереж змінного струму, а також вентиляторів та насосів.

Впровадження даних систем приносить велику користь, зокрема підвищення терміну експлуатації реакторів другого та третього покоління до шести десяти років, а також зниження негативної дії на оточуюче середовище.

Також в даній роботі буде звернена увага на систему уловлювання і охолодження паливного розплаву з активної зони (СУРОК), що призначена для підвищення рівня захисту АЕС та захисної оболонки, і відповідно для мінімізації ризику негативного впливу на населення та навколишнє середовище, а також буде проведений загальний аналіз надійності реакторів другого та третього покоління та їх обладнання.

Перелік посилань:

1. Воронин В. П. РАО «ЕЭС России». Состояние и перспективы/Электрические сети и системы. – 2003
2. НП 306.2.141-2008 Загальні положення безпеки атомних станцій.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА ПІСЛЯ ДОВГОСТРОКОВОГО ЗБЕРІГАННЯ

На сьогоднішній день атомна енергетика є провідною галуззю енергетики у світі. Перевагами ядерної енергетики перед енергетикою інших видів є велика теплотворна здатність ядерного палива (у 2 млн разів більша, ніж нафти, і в 3 млн разів більша, ніж вугілля), кращі економічні показники, менше забруднення довкілля. Паливо відносять до відпрацьованого, якщо воно надалі нездатне ефективно підтримувати ланцюгову реакцію. Відпрацьоване ядерне паливо (ВЯП) сильно радіоактивне і від нього має відводитись теплота.

Метою роботи є забезпечення огляду стану відпрацьованого палива та поводження з радіоактивними відходами стосовно матеріальних запасів, програм, поточних практик, технологій і тенденцій.

Більшість промислових процесів призводять до утворення відходів, які потребують безпечного та ефективного управління ними. Експлуатація ядерних реакторів, а також пов'язані з ними паливні цикли (видобуток урану, збагачення, виготовлення палива та переробка), генерують радіоактивні матеріали, які вважаються радіоактивними відходами. Радіоактивні відходи також є результатом використання радіоактивних матеріалів у наукових дослідженнях, медицині, освіті та промисловості. У деяких країнах радіоактивні відходи утворюються внаслідок оборонної діяльності. Це означає, що практично всі держави повинні розглянути питання щодо поводження з радіоактивними відходами та переконатися, що керування ними здійснюється безпечним способом з належним урахуванням рівня радіоактивності та відповідно до національних правил, які часто базуються на стандартах безпеки МАГАТЕ.

Більшість країн мають національні стратегії реалізації радіоактивних відходів і включають, наприклад, плани реалізації національної політики, розробку необхідних засобів, визначення ролей та встановлення цілей. Деякі держави мають добре розроблені стратегії та плани щодо управління всіма видами відходів, від його створення до остаточної ліквідації і виконали майже всі заплановані кроки (наприклад, Фінляндія, Франція та Швеція). Держави з малими ядерними програмами ще не встановили свої національні підходи, особливо для довгострокового управління відпрацьованим паливом.

Громадське визнання поводження з відпрацьованим паливом та радіоактивними відходами залишається проблемою в більшості країн. Це особливо стосується приміщень для захоронення, і відсутність прийняття негативно впливає на розвиток програм. Збільшилися зусилля для посилення відкритості, прозорості та залучення громадськості. У випадках, коли повідомляється про прогрес, місцеве визнання було успішно досягнуто. У Фінляндії спостерігається помітний прогрес, коли в 2015 році було надано ліцензію на будівництво глибокого геологічного сховища відпрацьованого палива; а також у Франції та Швеції, які мають обидві вибрані сайти для своїх глибоких сховищ і просуваються з етапами ліцензування.

Перелік посилань:

1. Status and trends in spent fuel and radioactive waste management 2018: IAEA/NTR/2018/Intern. Atomic Energy Agency. —Vienna, 2018
2. <https://chnpp.gov.ua/ua/activity/development-of-raw/>

УДК 621.039.58

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-51 Ткач О.С.
Асист. Федоров Д.О.

СПРИНКЛЕРНА СИСТЕМА ПАСИВНОГО ТИПУ РЕАКТОРНОЇ УСТАНОВКИ ВВЕР-1000

Спринклерні системи охолодження герметичної оболонки локалізуючої системи безпеки (ГО ОСБ) АЕС призначені для зниження температури і тиску водяної пари, який може надходити в приміщення при розгерметизації різного устаткування (трубопроводів, парогенераторів тощо). Для забезпечення ефективного охолодження в пар вводять холодну воду в формі крапель, які виробляють форсунки, розміщених всередині приміщення. В результаті відбувається швидка конденсація пара на краплях. Важливою функцією спринклерної системи є збір рухомих радіоактивних субстанцій та їх фіксація в воді, для чого в воду вводять спеціальні реагенти.

В існуючих системах необхідне високий тиск живильної води забезпечується активною системою зі спеціальними насосами. Можливості відмови насосів або пошкодження живлячих трубопроводів знижують надійність пристрою.

Ефективно охолоджувати атмосферу ГО здатні краплі розміром 3-5 мм. Для їх створення можуть застосовуватися форсунки зі зменшеним порівняно зі штатними форсунок тиском харчування, не більше 0,05 Мпа. Це дозволяє запропонувати пасивну спринклерну систему, в якій подача води здійснюється зі спеціальної ємності під дією сили тяжіння.

Перелік посилань:

1. Спринклерная система охлаждения герметичной оболочки локализирующей системы безопасности ВВЭР пассивного типа / В. В. Воробьев [и др.] // Изв. НАН Беларуси. Сер. физ.-техн. наук, 2012. – № 3. – С.93 – 97.
2. Берман Л. Д., Гордон Б. Г., Богдан С.Н.// Теплоэнергетика. 1983. №12. С. 13-16

ВИЗНАЧЕННЯ НАБОРУ РЕЄСТРОВАНИХ ПАРАМЕТРІВ, ЯКІ ДОСТОВІРНО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ ПЕРЕХІД ВІД ЗАПРОЕКТНОЇ АВАРІЇ ДО ТЯЖКОЇ АВАРІЇ

Для запобігання переходу запроектованої аварії в важку стадію оперативний персонал блочною щита управління (БЩУ) використовує ИЛА в форматі СОАИ. При виникненні умов переходу запроектованої аварії в важку стадію виконання ИЛА припиняється і оперативним персоналом задіюється РУТА.

Виходячи зі структури ИЛА і РУТА (в разі переходу в РУТА повернення в ИЛА не виконується), перехід в РУТА необхідно виконувати після пошкодження активної зони або неминучого гарантованого подальшого пошкодження активної зони.

Якщо після пошкодження активної зони не виконати перехід в РУТА, то не будуть виконані дії РУТА по ліквідації загроз, які виникають при важкій аварії, і усунення яких не передбачено в ИЛА.

Використання додаткових умов переходу в РУТА, знижує ймовірність несвоєчасного переходу в РУТА.

Для виключення загроз, які можливі при виникненні тяжкої аварії (руйнування ГО надлишковим тиском, горіння водню, радіоактивний викид продуктів розподілу) і не передбачено їх усунення в рамках ИЛА - процедури ИЛА, при використанні яких може виникнути пошкодження активної зони або гарантованому надалі пошкодженні активної зони, умовами переходу в РУТА можуть бути умови:

- температура на виході з ТВС більше 450°C , а також не здійснюється і немає можливості відновлення охолодження активної зони протягом 2,5 годин;
- потужність дози в зоні спостереження більш $100\text{мкЗв} / \text{ч}$;
- потужність дози на промисловому майданчику більш $1\text{мкЗв} / \text{ч}$;
- тиск в ГО більш $4\text{кгс} / \text{см}^2$;
- концентрація водню в ГО більше 4%.

Набір даних умов, виключає «ранній» перехід з ИЛА в РУТА, зберігає можливість реалізації стратегій РУТА щодо усунення загроз, усунення яких не передбачено в ИЛА (при виконанні «пізнього» переходу), а також нівелює ефект різниці в показаннях термопар, розміщених в різних місцях на виході з активної зони.

При виконанні «пізнього» переходу в РУТА, повинна збережуватися можливість реалізації стратегій РУТА, реалізація яких не передбачена в ИЛА.

Метою роботи є аналіз і визначення найбільш ефективної точної «точки» переходу від ИЛА до РУТА. Для цього потрібно послідовно виконати наступні етапи:

1. Визначення вихідних подій переліку ЗПА.
2. Визначення вихідних подій та відмови(комбінація), яка призводить до ВА.
3. Аналіз розвитку ЗПА для станів РУ «Гарячий зупин» та «Холодний зупин».
4. Аналіз зміни основних параметрів при ВА.
5. Представницькі параметри, що супроводжують або роблять незбідним пошкодження активної зони.

Перелік посилань:

1. В.Ф. Козлов. Справочник по радиационной безопасности. Энергоатомиздат. Москва 1991.
2. Implementation of Severe Accident Management Measures, ISAMM 2009, Workshop Proceedings, NEA/CSNI/R(2010)10/PART2, OECD, 3 December 2010. Criteria for the Transition to Severe Accident Management, R. Prior, OECD/NEA Workshop on Implementation of Severe Accident Management Measures, in: [21].

УДК 621.039.5

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-52 Шинкарчук Д.О.
к.т.н. Халімончук В.А.

НЕЙТРОННО-ФІЗИЧНІ РОЗРАХУНКИ В ОБГРУНТУВАННІ ПОТОЧНИХ ЗАВАНТАЖЕНЬ ВВЕР-1000

Базовою метою безпеки атомної станції є захист персоналу , населення і навколишнього природного середовища від неприпустимого радіаційного впливу при введенні в експлуатацію , експлуатації і знятті з експлуатації.

Одним із найважливіших етапів експлуатації атомної станції є процес перевантаження палива. Розробка та ліцензування паливних завантажень є важливим аспектом забезпечення безпечної експлуатації ядерного реактора. Визначення нейтронно-фізичних характеристик, таких як просторове розподілення енерговиділення, коефіцієнтів реактивності та ефективності ОР СУЗ і систем ядерної безпеки є важливим етапом обґрунтування безпеки паливних завантажень. Результати нейтронно-фізичних розрахунків необхідно включати до складу технічного рішення. Завданням розробки технічного рішення є завчасне обґрунтування безпеки запланованого паливного завантаження на підставі розрахункових наявних на час розробки технічного рішення експериментальних даних.

Порядок проведення та пристрої перевантаження ядерного палива встановлено правилами ядерної безпеки реакторних установок атомних станцій з реакторами з водою під тиском. Перевантаження активної зони здійснюється на основі технічних рішень , програм перевантаження , робочих графіків , картограм перевантаження .

Після завершення перевантаження проводяться випробування з підтвердження проектних і розрахункових нейтронно-фізичних характеристик активної зони , включаючи вимірювання ефективності аварійного захисту і робочої групи ОР СУЗ.

Метою даної роботи є отримання експериментальних результатів нейтронно-фізичних розрахунків роботи реакторної установки ВВЕР-1000 і підтвердження , що в процесі експлуатації завантаження будуть задовольняти вимоги ядерної безпеки.

Перелік посилань:

1. НП 306.1.02/1-034 "Загальні положення забезпечення безпеки атомних станцій"
2. Бать Г.А. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов: Учебное пособие для вузов/ - М.:Энергоиздат, 1982. - 509с.

ЗНЯТТЯ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ АЕС

В останні роки ряд об'єктів атомної енергетики, побудованих в 70-і роки, впритул наблизилися до проектних термінів їх експлуатації. В найближчому майбутньому до них приєднаються і АЕС наступних поколінь з одиничною встановленою електричною потужністю ЯЕБ до 1000-1300 МВт. Тому зняття з експлуатації АЕС стає однією з найважливіших проблем розвитку атомної енергетики. В даний час в багатьох країнах ведеться підготовча робота по цій проблемі, включаючи екологічні, технічні, соціальні, економічні та політичні аспекти.

В Україні експлуатуються 15 енергоблоків, на 10 з них вже було проведено продовження строку їх експлуатації.

Основні завдання зняття з експлуатації:

1) ЗЕ АЕС має принести мінімальну або наперед обмежене дозове навантаження на населення з тим, щоб завдати мінімальної шкоди генофонду людства. Недостатня обгрунтованість даної мети полягає тому, що необхідно брати до уваги дозове навантаження на населення в усіх ланках ядерної технології отримання енергії.

2) Необхідно звільнити площу, займану АЕС, для будь-яких інших потреб. У цьому випадку обов'язково треба поставити термін реалізації цієї мети, оскільки при віднесення її на занадто віддалений термін вона може виявитися недоцільною.

3) Виведення з експлуатації повинно мати мінімально можливі витрати, щоб не обтяжувати ядерну технологію отримання енергії в економічному плані.

На українських АЕС обрано варіант відкладеного демонтажу тому в своїй роботі я представляю повний аналіз концепції зняття з експлуатації, як проводиться демонтаж обладнання реакторів ВВЕР-1000 та економічний розрахунок повного зняття з експлуатації та приведення майданчіву АЕС до “зеленої галявини”.

Головна проблема сьогодення – радіоактивні відходи. Для варіанту відкладеного демонтажу повністю порахована кількість відходів для кожного з етапів зняття з експлуатації.

Враховуючи всі вищеперераховані факти можна зробити висновок, що зняття з експлуатації дуже важливе питання для розвитку атомної енергетики України.

Перелік посилань:

1. Концепція зняття з експлуатації енергоблоків ЮУ АЕС (ПН 0.3812.0087), затверджена президентом ДП “НАЕК”Енергоатом”.–2016.
2. Зняття з експлуатації. КІРО енергоблоку АЕС. Склад і порядок проведення (СТП 0.08.032-2001), затверджено головним інженером ЮУ АЕС 2008.

ПІДВИЩЕННЯ ГЛИБИНИ ВИГОРЯННЯ ПАЛИВА НА ВОДО-ВОДЯНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕАКТОРАХ

Серед основних проблем, що стоять перед ядерною енергетикою, можна відмітити підвищення ефективності використання палива (найбільш поширений тип реакторів-легководні - має вигорання на рівні 4-6%.

Для найбільш ефективного використання ядерного палива в умовах роботи АЕС в енергосистемі використовуються способи збільшення глибини вигорання палива, що зводяться до вибору оптимального збагачення палива для заданої календарної тривалості кампанії, забезпечення максимально можливого вирівнювання енерговиділення в твелах а також збільшення глибини вигорання шляхом модернізації конструкції паливних елементів та активних зон. Максимальна глибина вигорання палива досягається при оптимальних параметрах паливної решітки для максимально дозволеного збагачення палива[1].

При збільшенні збагачення палива і невеликому зменшенні кроку паливної решітки (збільшується кількість ТВЕЛ в одній ТВЗ) збільшується частка вторинних нейтронів поділу за рахунок реакції поділу на ^{238}U . При цьому вдається збільшити кількість палива в зоні, не змінюючи число і розмір ТВЗ, і знизити теплове навантаження на паливо, а це вже питання підвищення безпеки і надійності конструкції активної зони [2]. Іншими словами, можна сказати, що для конструкції ТВЗ реактора ВВЕР-1000 та PWR, стратегія збільшення глибини вигорання та вдосконалення паливного циклу за рахунок підвищення збагачення палива є не тільки ефективною але й економічною і безпечною.

Тенденції до подовження паливних циклів і збільшення вигорання висувають додаткові вимоги до ядерного палива. Цим вимогам відповідає розробка нових видів паливних елементів, які містять спеціальні добавки та допанти. Використання елементів ^{231}Pa і ^{237}Np у складі паливної композиції легководних реакторів в якості вигоряючих поглиначів дозволить знизити початковий запас реактивності, істотно збільшити кампанію палива і досягти надглибокого вигорання. В експериментальних твелах з таким нововведенням на реакторі БОР 60 було досягнуто вигорання більше 20%[3].

Можливість збільшення глибини вигорання тісно пов'язана з переходом до нових ефективних паливних циклів, що тягне за собою підвищення вимог до використовуваного палива.

Підвищення економічності роботи АЕС за рахунок покращення ефективності використання ядерного палива є перспективним напрямком в атомній енергетиці, тому дана робота є актуальною.

Перелік посилань:

1. Бергельсон Б.Р., Белоног В.В., Герасимов А.С., Тихомиров Г.В. - Глубина выгорания ядерного топлива с разными поглотителями. - Атомная энергия, 2010, т. 109, вып. 3.
2. Физические и конструкционные особенности ядерных энергетических установок с ВВЭР: учебное пособие / С.Б. Выговский, Н.О. Рябов, А.А. Семенов, Е.В. Чернов, Л.Н. Богачек. Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. 376 с
3. Шмелев А.Н., Куликов Е.Г., Куликов Г.Г. // Повышение глубины выгорания топлива легководных реакторов //Ядерная физика и инжиниринг (в печати).

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НОВОЇ ТА ТИПОВОЇ КОРПУСНИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ РЕАКТОРІВ ВВЕР-1000

На даний момент в Україні основним напрямком розвитку атомної енергетики є продовження терміну експлуатації існуючих енергоблоків, а отже питання підвищення їх надійності та економічності шляхом правильного вибору матеріалів, технологічних процесів, що використовуються при виготовленні, монтажу, ремонті обладнання, а також шляхом вірного вибору режиму експлуатації – є надзвичайно важливим та актуальним. Таким чином модернізація насамперед корпусу реактора заслуговує особливої уваги, адже саме він є незамінним елементом, що визначає ресурс експлуатації енергоблока. Та через відсутність даних про результати досліджень та випробувань нових матеріалів і обладнання не завжди представляється можливим дати правильну і однозначну оцінку. Крім цього, створення та використання нового обладнання без детальних досліджень та попередніх випробувань знижує рівень безпеки експлуатації, що може призвести до виникнення непрогнозованих пошкоджень обладнання, аварійних ситуацій, людських жертв і матеріального збитку. Дослідження властивостей нових корпусних сталей та їх порівняння з властивостями існуючих корпусних сталей в умовах експлуатації енергоблоку, змодельованих засобами програмного комплексу Ansys Workbench дозволить отримати попередню оцінку щодо можливої експлуатації нових матеріалів.

Порівняльні структурні дослідження нової сталі 15X2МФА-А показали перевагу нової сталі з позицій радіаційної стійкості і термічної стабільності у порівнянні з типовою сталлю ВВЕР-1000. Тому сталь 15X2МФА-А мод. А варта того, щоб бути розглянутою в якості кандидатного матеріалу для корпусів реакторів ВВЕР нового покоління з підвищеною потужністю і збільшеним ресурсом експлуатації [1].

Таким чином метою аналізу є визначення і порівняння фізико-механічних властивостей нової корпусної сталі 15X2МФА-А із відповідними властивостями типової корпусної сталі 15X2НМФА-А, що використовується в енергомашинобудуванні, а також оцінка і порівняння статичної і циклічної міцності вказаних корпусних сталей в умовах експлуатації енергоблоку [2,3]. Порівняння здійснюватиметься в умовах експлуатації енергоблоку методом аналітичної оцінки та методом моделювання засобами програмного комплексу Ansys Workbench.

В результаті виконання роботи очікується отримати висновки щодо можливості експлуатації нової корпусної сталі 15X2МФА-А мод. А для реакторів ВВЕР-1000 серії В-338 на основі порівняльного аналізу результатів можливої експлуатації нової сталі і результатів експлуатації типової сталі 15X2НМФА-А, яка використовується в енергомашинобудуванні.

Перелік посилань:

1. Гурович Б.А., Журко Д.А., Єрак Д.Ю., Мальцев Д.А., Комолов В.М. Структурні дослідження сталей корпусів реакторів для нового покоління реакторів типу ВВЕР. *ВАНТ*. Харків. 2013 №2(84).
2. ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. М.: Энергоатомиздат, 1989. – 524 с.
3. Салтыков С.А. Стереометрическая металлография. - М.: «Металлургия», 1976. - 271 с.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-81мп Дяченко А.Д.
Асист. Клевцов С.В.

**АЛЬТЕРНАТИВНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ПЕРСОНАЛУ В
ІМОВІРНІСНИХ АНАЛІЗАХ БЕЗПЕКИ УКРАЇНСЬКИХ АЕС**

Метою даної роботи в цілому є порівняльний аналіз методології Technique for human error-rate prediction (THERP), Accident Sequence Evaluation Program (ASEP) і Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM) та An approach to the Analysis of Operator Actions по оцінці надійності персоналу. Виконано порівняння результатів розрахунку імовірності помилки домінантних протиаварійних дій персоналу вказаними методологіями в тому числі проводилося порівняння з даними, які були отриманими з повномасштабного тренажеру на ЗАЕС.

Ця робота дає можливість зробити якісну оцінку на коректність результатів розрахунку імовірності помилки персоналу ВАБ енергоблоків України, що виконана по методології THERP. [2]. Для оцінки консерватизму підходу, його надійності і відповідності до реальних дій персоналу по усуненню наслідків аварійних послідовностей і режимів, що виникають.

Для досягнення цього, проаналізовано структуру імовірнісної моделі щоб чітко показати і описати дії персоналу в обсязі, достатньому для моделювання кількісної оцінки вказаними методами.

Перелік посилань:

1. Отчет по анализу безопасности «Руководство по проекту SUPG-6» ПАТ КИЕП. Киев, 2016.
2. NUREG/CR-1278, "Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Application, Final Report.
3. Заключительный отчет по вероятностному анализу Безопасности Первого уровня для внутренних исходных событий энергоблока № 5 ОП ЗАЭС, 21.5.59.ОБ.04, 2005

РОЗРОБКА КІНЦЕВО-РІЗНИЦЕВОГО АЛГОРИТМУ РОЗРАХУНКУ ВВЕР-1000 В ДВОХ-ГРУПОВОМУ ДИФУЗІЙНОМУ НАБЛИЖЕНІ ДЛЯ АНАЛІЗУ КСЕНОНОВИХ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ

Одним з найбільш важливих питань дослідження безпеки ядерних реакторів є вивчення динаміки реакторів з розподіленими параметрами. На відміну від динаміки реактора з зосередженими параметрами (так звана точкова модель реактора) в цьому випадку основою вивчення є просторово-часові процеси в активних зонах. У цих процесах нейтронно-фізичні властивості реактора змінюються в просторі і в часі.

Це пов'язано з просторово-тимчасовим перерозподілом попередників запізнених нейтронів, витрати теплоносія, переміщенням органів регулювання, зміною рівня потужності реактора, що викликає зміна поля температур палива і сповільнювач, щільності теплоносія, концентрації борної кислоти, концентрацій ядер $^{54}\text{Xe}135$ та $^{62}\text{Sm}149$, і т.д. Тому нам потрібно використовувати моделі, що здатні розраховувати просторово-часові процеси в активній зоні.

В даний час найбільшого поширення в вивченні просторової динаміки енергетичних реакторів на теплових нейтронах отримала двох-групова дифузійна модель активної зони. Оскільки в цьому випадку розглядається лише дві групи нейтронів, то на відміну від багатовіснкової дифузійної моделі тут відсутня можливість врахувати появу запізнених нейтронів згідно їх спектру. Передбачається, що всі нейтрони ділення миттєві, і запізнені з'являються в одній (швидкій) групі, а відмінність у спектрах цих нейтронів, що робить вплив на їх різну ефективність, враховується введенням ефективних часткою запізнілих нейтронів.

Результати кінцево-різницевого розрахунку, який буде використовуватися для аналізу ксенонових перехідних процесів може бути використаний в різних теоретичних та практичних досліджень. Що дасть можливість адекватно оцінити стан активної зони реактора з просторово-часовим перерозподілом енерговиділення та передбачати до чого можуть призвести дії оператора під час аварійних ситуацій.

Перелік посилань:

1. Широков С.В. Фізика ядерних реакторів: Навч.посібник.- К.: Вища шк., 1993.- 288 с.: іл. – Рос.
2. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов: Учеб. пособие для вузов/ Г.Г. Бартоломей, Г.А. Бать, В.Д. Байбаков, М.С. Алхутов; Под ред. Г.А. Батя. – М.: Энергоатомиздат, 1982.–489с., ил.
3. С. Глестон., М. Эдлунд. Основы теории ядерных реакторов: Издательство иностранной литературы., – Москва, 1954.-458с.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-81мп Рига Д.О.
Асист., к.т.н. Халімончук В.А.

**РОЗРОБКА КІНЦЕВО-РІЗНИЦЕВОГО АЛГОРИТМУ РОЗРАХУНКУ
НЕСТАЦІОНАРНИХ ДВОХ-ГРУПОВИХ РІВНЯНЬ ДИФУЗІЇ ТА ЙОГО
ВИКОРИСТАННЯ В АНАЛІЗІ ШВИДКИХ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕ**

За останній час розвиток розрахункових моделей і техніки дозволяють з достатньою точністю передбачати процеси, що протікають в активній зоні реактора. Важливим питанням дослідження безпеки ядерних реакторів є вивчення їх просторової динаміки. Точкова модель, що використовується для вирішення динаміки реактора, є неприйнятною до застосування в дослідженні таких задач, оскільки не дозволяє відслідковувати у часі локальні деформації розподілу енерговиділення.

Тому нам потрібно використовувати моделі, що здатні розраховувати просторово-часові процеси в активній зоні, такі як перерозподіл: ядер-попередників запізнілих нейтронів, температури теплоносія та її витрати, переміщення органів регулювання, зміни густини теплоносія та концентрації борної кислоти і ядер отруювачів, і.т.д.[1,2,3]

Розробка кінцево-різницевого алгоритму для аналізу швидких перехідних процесів є основою для розробки відповідних розрахункових програм, використання яких дозволить нам адекватно оцінити стан речей які відбуваються в активній зоні реактора з просторово-часовим перерозподілом енерговиділення та передбачати до чого можуть призвести дії оператора під час аварійних ситуацій.

Перелік посилань:

1. Широков С.В. Фізика ядерних реакторів: Навч.посібник.- К.: Вища шк., 1993.- 288 с.: іл. – Рос.
2. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов: Учеб. пособие для вузов/ Г.Г. Бартоломей, Г.А. Бать, В.Д. Байбаков, М.С. Алхутов; Под ред. Г.А. Батя. – М.: Энергоатомиздат, 1982.–000 с., ил.
3. С. Глестон., М. Эдлунд. Основы теории ядерных реакторов: Издательство иностранной литературы., – Москва, 1954.-458с.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ СТРАТЕГІЇ УТРИМАННЯ РОЗПЛАВУ ВСЕРЕДИНИ КОРПУСУ РЕАКТОРА ВВЕР-440/В-213 ШЛЯХОМ ЙОГО ЗОВНІШНЬОГО ОХОЛОДЖЕННЯ НА ПРИКЛАДІ ЕН

Мета роботи: проаналізувати можливість реалізації стратегії із зовнішнього охолодження корпусу реактора при виникненні важких аварій (ВА) на реакторній установці ВВЕР-440/В-213 на прикладі енергоблоку №1 РАЕС.

Актуальність даного питання полягає в тому, що виникнення ВА на АЕС не може бути повністю виключено, що підтверджується подіями, які трапилися за останні пів століття на АЕС Три-Майл-Айленд, Фукусіма та Чорнобильській АЕС та призвели до потреби впровадження новітніх систем безпеки на АЕС для управління ВА. Одною із стратегій управління ВА, для умов коли плавлення активної зони уникнути не вдалось, є локалізація розплаву в корпусі реактора. Зазначена стратегія є недостатньо дослідженою в світі та лише починає свій розвиток в Україні. Основними позитивними аспектами стратегії з локалізацією розплаву в корпусі є попередження позакорпусної стадії ВА та зменшення імовірності виникнення в гермооб'ємі таких феноменів ВА як вибух водню, «переопресування», неконтрольований вихід радіоактивних речовин в оточуюче середовище тощо.

Реактори типу ВВЕР-440/В-213 були спроектовані і побудовані згідно з ранніми стандартами безпеки АЕС, які не передбачали засобів управління та/чи подолання ВА за рахунок зовнішнього охолодження корпусу реактора. Таким чином, можливості реалізації технічних модифікацій, які необхідні для створення зовнішнього охолодження корпусу реактора, можуть бути досить обмежені.

Основною ідеєю спрямованою на утримання розплаву в корпусі реактора є запобігання його проплавленню шляхом зовнішнього охолодження таким чином, що корпус реактора буде занурений у воду до опорних деталей. В даній роботі аналізується можливість реалізації такої стратегії на реакторній установці ВВЕР-440/В-213. Для виконання аналізу обрано енергоблок №1 Рівненської АЕС. За результатами проведеного аналізу буде зроблено висновок, щодо принципової можливості реалізації стратегії із зовнішнього охолодження корпусу реактора ВВЕР-440/В-213 на прикладі РАЕС-1.

Перелік посилань:

1. 38-916.203.018.ОБ01 Ровенская АЭС. Энергоблок №1. Техническое обоснование безопасности сооружения и эксплуатации АЭС..
2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Системы вентиляции реакторного отделения. Системы важные для безопасности и нормальной эксплуатации. Блок с реактором ВВЭР-440. Блок № 1,2. 173-26-Э-ЦВиК. 2013.
3. Дополнительная целевая переоценка безопасности энергоблоков ОП Ривненской АЭС с учетом уроков, извлеченных из аварии на АЭС Фукусима-1. Глава 4. Управление «тяжелыми» авариями, включая расчетные обоснования. 38-172.203.001.ОБ.04 (ОЦПБ-0.41.002.04).

УДК 620.19

Магістрант 5 курсу, гр. ТЕТЕ-1 Тимощук О.І.

Доц., к.х.н. Коваленко Т.П.

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ПАРОГЕНЕРАТОРА ПГВ-1000

Досвід експлуатації парогенераторів ПГВ-1000 показав наявність в ПГ локальних зон концентрування домішок, в яких найбільш часто виникають пошкодження металу. Одне з таких місць – це зона між другою та четвертою дистанціюючими решітками. При зупинці енергоблоку в зазначену зону направляється потік нерозчинених домішок. Якщо не застосувати певних заходів, то дані домішки в процесі найближчого пуску енергоблоку будуть концентруватися і відкладатися на поверхні теплообмінних труб (ТОТ) ПГ, що, в кінцевому рахунку, призведе до зростання пошкодженості трубного пучка ПГ.

Інша така зона, конструктивна особливість ПГ, – наявність «кишені» – кільцевого зазору у вузлі зварювання колектора першого контуру до патрубку. Наявність «кишені» визначає складний характер розподілу напружень у вузлі, а також сприяє накопиченню активних продуктів корозії, внаслідок чого відбувається виникнення і розвиток дефектів у зварних з'єднаннях.

Корозійні пошкодження в процесі експлуатації утворюються з боку середовища другого контуру в обох випадках: на зовнішній поверхні трубок і на внутрішній поверхні патрубків. На ТОТ ПГ виявлені чотири види пошкоджень: корозійні виразки, окремі тріщини, розтріскування і плями корозії. Найбільш поширеними є корозійні виразки, від яких утворюються тріщини.

Тому своєчасне виявлення несучільностей в ТОТ та правильне визначення їх параметрів дає можливість попередити утворення наскрізних ушкоджень ТОТ, накопичення яких може призвести до передчасного виходу з ладу ПГ в цілому.

З метою забезпечення довготривалої експлуатації ПГ важливу роль відіграють результати проведення вихрострумового методу контролю (ВСК) ТОТ, на підставі аналізу яких приймаються обґрунтовані рішення щодо надійності функціонування ПГ [1]. Актуальність проведення ВСК пояснюється як вимогами до безпеки АЕС, так і економічними аспектами.

ДП «НАЕК «Енергоатом», для вирішення проблеми пошкодження ТОТ ПГ на енергоблоках АЕС України, розроблено та затверджено план дій з підвищення надійності парогенераторів та конденсаторів турбоустановок на період 2014–2020 роки. Метою розробки вказаного плану дій є формування заходів з підвищення надійності експлуатації ПГ та конденсаторів на вказаний період для успішного вирішення стратегічних завдань: підвищення безпеки, підвищення коефіцієнту використаного рівня потужності на 4–5%, продовження термінів експлуатації ПГ енергоблоків АЕС України до 40–50 років, зниження експлуатаційних витрат на хімічну продукцію до 50 %.

Отже, у даній роботі, розглянуто основні зони виникнення корозійних дефектів, види пошкоджень, основні заходи спрямовані на підвищення надійності парогенераторів ПГВ-1000, а також проаналізовано та показано ефективність їх впровадження.

Перелік посилань:

1. Анализ данных контроля теплообменных труб парогенераторов ПГВ-1000 на ЮУ АЭС / В.Н. Воеводин, А.С. Митрофанов, С.В. Гоженко, Р.Л. Василенко, И.Н. Шаповал, Е.А. Крайнюк, А.В. Бажуков, А.Н. Палий, П.Е. Мельник // Вопросы атомной науки и техники, 2018. – № 5 (117). – С. 82–86.

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-81мп Шамбір Д.В.

Асист., к.т.н. Гуменюк Д.В.

АНАЛІЗ СТРАТЕГІЇ ПІДЖИВЛЕННЯ ПГ ВІД МНУ ПРИ ВАЖКІЙ АВАРІЇ З ПОВНИМ ЗНЕСТРУМЛЕННЯМ АЕС

Досвід експлуатації АЕС показує практичну можливість виникнення важких аварій (ТМІ, Чорнобиль, Фукусіма). Після подій, що відбулись 11 березня 2011 року на Фукусім, Україна приєдналась до міжнародної ініціативи та провела цільову переоцінку рівня безпеки АЕС. За результатами цієї переоцінки було визначено низку заходів, що спрямовані на підвищення рівня безпеки та зниження вразливості АЕС України. Одним із напрямків підвищення безпеки є устаткування АЕС мобільними установками (мобільними дизель-генераторами та мобільними насосними установками (МНУ)).

Загалом кожен енергоблок АЕС України має бути укомплектований трьома МНУ: для підживлення ПГ, ББ та БВ.

При обґрунтуванні впровадження (устаткування) енергоблоку МНУ виконувався аналіз їх ефективності з точки зору *запобігання важкого пошкодження активної зони*. В той же час, не розглядалась можливість (ефективність) їх використання під час важких аварій.

Метою статті є аналіз стратегії можливості (доцільності) використання МНУ для підживлення ПГ при важких аваріях.

Як вказувалось вище, в обґрунтування для МНУ виконувалось в основному з метою підтвердження можливості запобігання важкого ушкодження а.з. В умовах важкої аварії ефективність такої стратегії (подача води в ПГ для організації тепловідведення від першого контуру до другого) є неочевидною, з огляду на те, що в процесі розвитку ВА може бути відсутній теплоносій в першому контурі.

В даній роботі було проаналізовано необхідність реалізації такої стратегії для управління важкою аварією. Аналіз був виконаний на основі результатів співвідношення позитивних і негативних ефектів, які очікуються від її реалізації.

Зокрема, були виділені (розглянуті) наступні *позитивні ефекти*:

- організація тепловідведення від пошкодженої а.з.;
- забезпечення захисту трубок парогенераторів від пошкодження через високотемпературну текучість;
- заповнення другого контуру ПГ теплоносієм буде сприяти додатковому утриманню продуктів ділення, котрі попадають в парогенератори через нещільність в трубчатці.

Разом з тим реалізація даної стратегії може привести до *негативних ефектів*:

- пошкодження трубчатки ПГ через появу жорсткого температурного режиму для обладнання ПГ (залив ПГ на пізніх стадіях важких аварій);
- корозійне разтріскування трубчатки ПГ при використанні води з ставка-охолоджувача для подачі води в ПГ.

Попередні результати аналізу показали наявність двох конкуруючих процесів: з одного боку можливість охолодження пошкодженої а.з., з іншого боку можливість пошкодження теплообмінних трубок. Для оцінки доцільності подачі води в ПГ від МНУ на фазі важкої аварії необхідно виконання розрахунково-аналітичних розрахунків. Ці розрахунки будуть виконані на подальших стадіях моєї роботи.

Перелік посилань:

1. Аналіз важких аварій.
2. Керівництво з управлінням важких аварій.

ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ УПРАВЛІННЯ АВАРІЄЮ: "ТЕЧА З ПЕРШОГО КОНТУРУ В ДРУГИЙ"

Одним з ключових аспектів забезпечення безпеки АЕС з реакторною установкою (РУ) типу ВВЕР, є ефективне переведення РУ у безпечний стан, при аварійних ситуаціях.

Аварія яка пов'язана з течєю з першого контуру в другий, є однією з найнебезпечніших проектних аварій, оскільки втрачаються одразу всі бар'єри фізичного захисту. Також це єдина серед проектних аварій вихідна подія, яка для переведення РУ в безпечний стан не виключає можливості викиду активності через паро-скидуючі пристрої в навколишнє середовище.

Специфікою управління аварією з течєю теплоносія з першого контуру в другий є необхідність виконання комплексних взаємопов'язаних між собою дій в умовах обмеженого часу. Відповідно до існуючої експлуатаційної документації по управлінню аваріями для ВВЕР-1000 ці дії повинні бути виконані оперативним персоналом, однак, з огляду на стрімкість розвитку аварійного процесу надійність успішного виконання таких дій є низькою.

Підсумками представленої роботи повинен стати алгоритм управління аварією: "теча з першого контуру в другий" який забезпечував би наступні вимоги:

- максимальна автоматизація алгоритму стабілізації аварійного процесу і створення достатнього запасу часу для виконання наступних дій оперативним персоналом, що значно знизило б ймовірність помилки оператора;
- працездатність алгоритму для всього передбаченого проектом діапазону можливих теч з першого контуру в другий (0 - 100 мм);
- відсутність факту відкриття БРУ-А аварійного парогенератора і викиду теплоносія 1-го контуру в атмосферу, при даній вихідній події;
- не перевищення загальноприйнятих критеріїв прийнятності для РУ при використанні даного алгоритму;
- можливість використання алгоритму при накладанні додаткових вихідних подій.

Отже дослідження перехідного процесу при аварії: "теча з першого контуру в другий», а також створення нового алгоритму управління аварією: "теча з першого контуру в другий" є актуальними на даний час, оскільки напряму впливають на безпечність РУ.

Перелік посилань:

1. Международное агентство по атомной энергии. Проблемы безопасности атомных электростанций с реакторами ВВЭР - 1000/320 и их категории /Международное агентство по атомной энергии. – Vienna, Austria: Wagramerstrasse 5 P.O.Box 100 A-1400, 1997. – 254с.
2. РЦ.3394.ИЭ-04. Хмельницкая АЭС. Энергоблок № 2. Инструкция по ликвидации аварий и аварийных ситуаций
3. Анализ исходных событий, том 15 часть 2 , 38-223.203.003.ОБ.15.02.02.РЕД.1.Ф

ВПЛИВ ВИТРАТИ ТЕПЛОНОСІЯ НА ТЕРМІЧНИЙ ОПІР ДВОФАЗНИХ ТЕРМОСИФОНІВ

Використання двофазних термосифонів актуально при розхолодженні контейнерів з відпрацьованим ядерним паливом. Це пояснюється тим, що термосифони відводять досить великі за значенням теплові потоки в автономному режимі і при цьому мають відносно просту будову

Двофазні термосифони – це різновид теплових труб, в яких відсутня капілярно-пориста структура. Повернення конденсату всередині них відбувається за рахунок сил гравітації. Сьогодні існує широкий спектр сфер, де можна застосовувати двофазні термосифони.

Теплопередаючі характеристики термосифонів, зокрема термічний опір, залежать як від режимних параметрів, так і від їх геометричних характеристик [1,2].

В даній роботі досліджений вплив витрати охолоджуючої рідини на коефіцієнт термічного опору двофазного термосифону (внутрішній діаметр 9мм, довжина 1500мм і витрати охолоджуючої рідини $2,8 \cdot 10^{-3}$ кг/с і $7,8 \cdot 10^{-3}$ кг/с).

При зростанні величини витрати охолоджуючої рідини термічні витрати та максимальні теплові потоки збільшуються. Так, при витраті $7,8 \cdot 10^{-3}$ кг/с максимальний тепловий потік складав ~ 750 Вт, а при витраті $2,8 \cdot 10^{-3}$ кг/с він збільшувався до ~ 900 Вт (рис.1). Якщо співставити значення термічних опорів двох однакових по довжині термосифонів (1500 мм), але з різними довжинами зон нагріву то видно, що в термосифона з більшою зоною нагріву термічний опір менший (рис. 2).

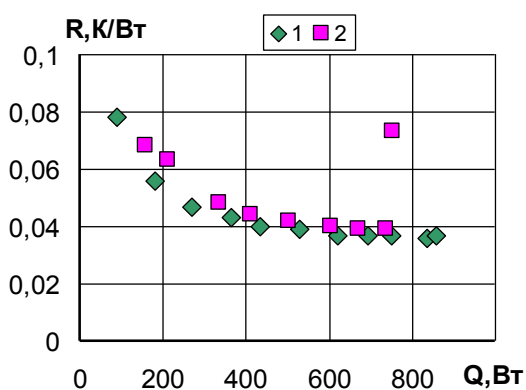


Рис.1 Залежність термічного опору термосифона з внутрішнім діаметром 9мм. (зона нагріву 0,725м). Витрата охолоджуючої води: 1 - $2,8 \cdot 10^3$ кг/с; 2 - $7,8 \cdot 10^3$ кг/с.

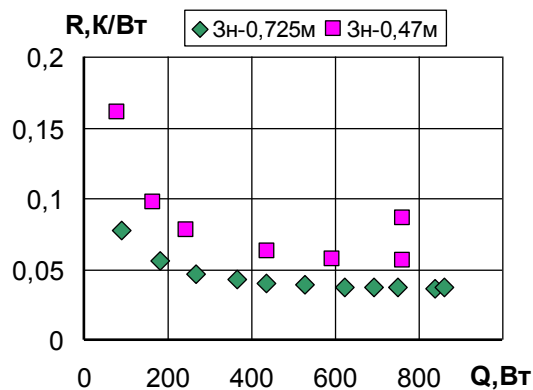


Рис.2 Вплив довжини зони нагріву на термічний опір термосифона з внутрішнім діаметром 9мм. Витрата охолоджуючої води: $2,8 \cdot 10^3$ кг/с.

По проведених досліджах можна зробити висновки: при збільшенні витрати охолоджуючої води у зоні конденсації максимальні теплові потоки зменшуються; при збільшенні зони нагріву термічний опір зменшується.

Магістрант 6 курсу, гр. ТЯ-71мн Трофименко О.Р.
Проф., д.т.н. Носовський А.В.

ВАЛІДАЦІЯ НЕЙТРОННО-ФІЗИЧНОГО МОНТЕ-КАРЛО КОДУ SERPENT НА ОСНОВІ ДРУГОЇ СЕРІЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ З ЯДЕРНОЇ СИСТЕМИ КІЮТСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ KUCA

Мета роботи: перевірка можливості застосування нового Монте-Карло коду Serpent з ціллю сприяння подальшим дослідженням в галузях пов'язаних з розробкою чисельних методів та розрахункових кодів, які використовуються для моделювання підкритичних ядерних реакторів керованих зовнішнім джерелом нейтронів [1][2][3][4].

Завдання роботи: змодельовати за допомогою Serpent (далі Se) конфігурації активної зони підкритичної системи KUCA, які відповідають другій серії експериментів, проведених на даній підкритичній установці. Порівняти отримані результати з експериментальними даними KUCA [1][2] (далі EXP), а також з результатами розрахунку за допомогою розрахункових кодів MCNP6 (далі MC), KENO-VI (далі KE) отриманими в Bariloche Atomic Centre, Argentina [3].

У таблиці 1 представлена різниця між розрахованими та експериментальними значеннями ефективних коефіцієнтів розмноження ядерної системи для трьох станів (п.с., н.с., к.с), які визначаються положенням регулюючих стержнів [1][2][3].

Таблиця 1 — Різниця між значеннями ефективного коефіцієнту розмноження серії II розрахованими у Serpent, MCNP6 та KENO-VI та експериментальними даними

Експеримент	Різниця результатів	Підкритичний стан (п.с.)	Критичний стан (к.с.)	Надкритичний стан (н.с.)
		$K_{\text{эф}}$	$K_{\text{эф}}$	$K_{\text{эф}}$
II-1	MC-Se	-0,010	-0,0016	-0,0018
	KE-Se	-	-0,0075	-
	EXP-Se	-0,0082	-0,0078	-0,0080
II-2	MC-Se	-0,0011	-0,0015	-0,0021
	KE-Se	-	-0,0081	-
	EXP-Se	-0,0073	-0,0072	-0,0079
II-3	MC-Se	-0,0012	-0,0016	-0,0016
	KE-Se	-	-	-
	EXP-Se	-0,0050	-0,0051	-0,0053
II-4	MC-Se	-0,0018	-0,0014	-0,0014
	KE-Se	-	-0,0082	-
	EXP-Se	-0,0086	-0,0080	-0,0078

Перелік посилань:

1. Cheol Ho Pyeon (Editor), Experimental Benchmarks for Accelerator-Driven System (ADS) at Kyoto University Critical Assembly, KURRI-TR-444, ISSN 0287-9808, Research Reactor Institute. Kyoto University, Japan, December 2012.
2. Cheol Ho Pyeon (Editor), Experimental Benchmarks on Thorium-Loaded Accelerator-Driven System at Kyoto University Critical Assembly, KURRI-TR (CD) - 48, ISSN 1349-7960, Research Reactor Institute. Kyoto University, Japan, January 2015.
3. Francisco Leszczynski, Analysis of KUCA experiments, Centro Atomico Bariloche, Argentina, march 2017.
4. 2nd RCM of the CRP on Analytical and Experimental Benchmark Analyses of Accelerator Driven Systems (ADS) and Technical Meeting on Low Enriched Uranium (LEU) Fuel Utilization in Accelerator Driven Sub-critical Systems. Working Material [Електронний ресурс].

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВІДВОДУ СИСТЕМИ ТЕРМОСТАБІЛІЗАЦІЇ ДАТЧИКА РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ТЕПЛОНОСІЯ ДРУГОГО КОНТУРУ

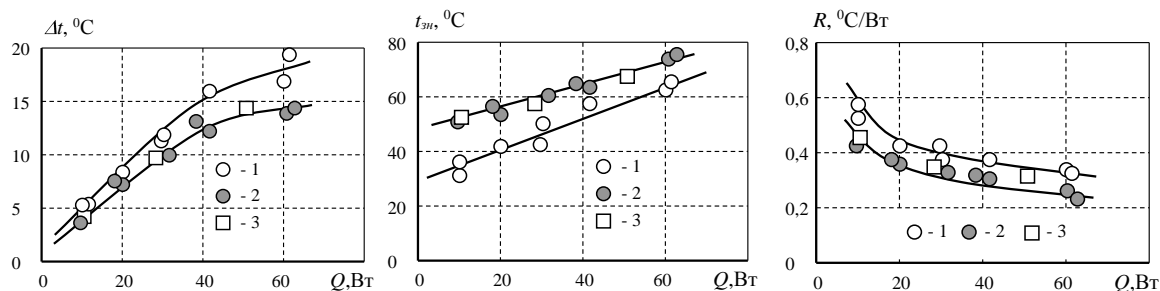
Істотну роль у вирішенні задачі забезпечення теплових режимів функціонування радіоелектронної апаратури зіграло впровадження ефективних теплопередаючих і теплообмінних систем на основі теплових труб. В даний час можна виділити наступні напрямки використання теплових труб: електронна апаратура, атомна енергетика, комп'ютерна техніка різного призначення, силова електроніка.

Принцип дії теплових труб полягає в тому, що передача теплової енергії в них здійснюється за рахунок випаровування і конденсації рідкого речовини. Якщо уявити замкнуту ємність з металу, який має гарну теплопровідність, наприклад, мідь з певною кількістю води, то при нагріванні однієї частини резервуара вода стає паром, тобто з рідкого стану вона переходить в газоподібний вид. Далі водяні пари надходять на охолоджену поверхню, де вода стає знову рідкої і стікає на старе місце. При цьому значна частина тепла відводиться через корпус металеві ємності.

Ціль роботи – розробка системи тепловідводу/термостабілізації від датчика радіаційного контролю теплоносія другого контуру таким чином, щоб відводити у навколишнє середовище кількість теплоти у межах від 20 до 50 Вт.

Предмет дослідження – вплив коливання температури навколишнього середовища на систему термостабілізації.

В результаті проведених випробувань по показанням приладів отримані залежності температури зони нагріву модуля від теплового потоку $t_{ЗП} = f(Q)$ зображеного на рис.1, перепаду температур між зонами нагріву та кінцем теплових труб від теплового потоку $\Delta t = f(Q)$ рис. 2 та термічного опору модуля тепловідводу від теплового потоку $R = f(Q)$ рис 3.



1,2 – модуль № 2; 3 – модуль № 3; температура повітря: 1 – 30°C; 2,3 – 50°C.

Рисунок 1 – Залежність температури зони нагріву модулів від теплового потоку. Рисунок 2 – Залежність перепаду температур між зоною нагріву і кінцем теплових труб від теплового потоку. Рисунок 3 – Залежність термічного опору від теплового потоку.

Перелік посилань:

1.Heat Pipe Reliability Documentation. A reference document for companies assessing the reliability of Thermacore's heat pipe based thermal solutions. November 10, 1999

2.Power Electronics Technology magazine Heat Pipe Reliability in High-Power Applications Christopher A. Soule, Engineering Director, Thermshield, LLC, Gilford, N.H., August 2004 pp.40-44

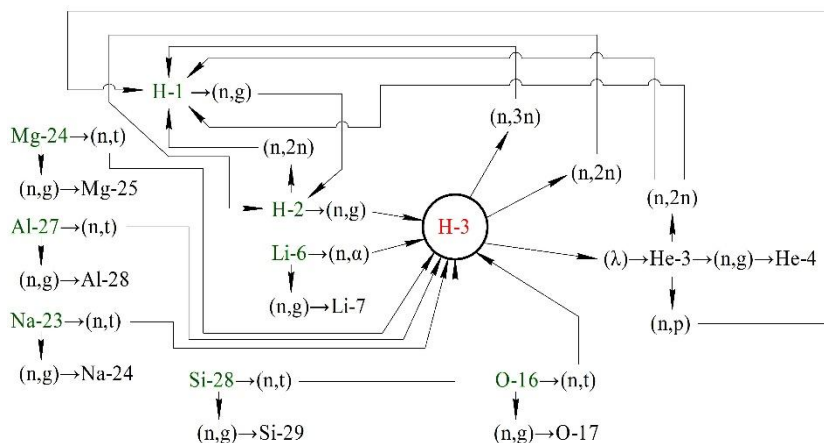
Аспірант Бєлих Д.О.
Проф., д.т.н. Кравець В.Ю.

РОЗРАХУНОК АКТИВНОСТІ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ БЕТОНУ ШАХТИ РЕАКТОРУ ТИПУ ВВЕР-1000 ЗА ТРИТІЄМ

Зняття з експлуатації (ЗЕ) блоку АЕС є комплексним заходом, який починається від остаточної зупинки блоку (припинення експлуатації [1]) до демонтажу його конструкцій. Згідно з вимогами вітчизняної нормативної документації зокрема [2] і документів МАГАТЕ зокрема [3] цей процес повинен враховуватися вже на стадії проектування АЕС.

ЗЕ ядерних установок (ЯУ) є радіаційно небезпечним заходом, що і робить ЗЕ важливим етапом життєвого циклу ЯУ. Радіаційна небезпека обумовлена наведеною радіоактивністю за рахунок активації нейтронами конструкційних і захисних матеріалів, частин обладнання і систем, також забруднення їх радіонуклідами в процесі експлуатації. Дані процеси в значній мірі впливають на 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.

Дана робота присвячена визначенню активності бетону шахти ВВЕР-1000 за тритієм оскільки тритій визначає активність бетону шахти реактору перші 100 років після припинення експлуатації відповідно до [4], однак в [1] тритій не розглядався. Вхідними умови цієї задачі були склад бетону, його густина, також нейтронні потоки, ядерні данні (перерізи взаємодії, періоди напіврозпаду), час опромінення. Розрахункова схема напрацювання тритію представлена на рисунку 1. 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 136 кБк/г.

Рисунок 1 – Розрахункова схема напрацювання тритію

Перелік посилань::

1. Концепція зняття з експлуатації діючих атомних електростанцій, затверджено наказом Міністерства енергетики України №798 від 10.12.2015 р. (версія чинна з 01.01.2016 р.).
2. НП 306.2.141-2008 Загальні положення безпеки атомних станцій, затверджено наказом Держатомрегулювання України № 162 від 19.11.2007 р.
3. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 6 «Decommissioning of Facilities», 2014.
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,

ВИВЧЕННЯ СИНЕРГІЇ МІЖ АТОМНОЮ ЕНЕРГЕТИКОЮ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

На сьогоднішній день спостерігається активний ріст ринку відновлювальних джерел енергії по всьому світу і, зокрема, в Україні. В нашій державі швидкий розвиток спостерігається в сфері вітрової, сонячної та гідроенергетики, завдяки введенню «зеленого» тарифу на електроенергію та залученню іноземних інвестицій.

Але раніше відновлювальні джерела займали лише малий відсоток в загальній частці всієї генерації електроенергії України і були мало залучені в енергетичну систему України.

Після підписання Паризької угоди про зміну клімату, по всьому світу ще більше зростає інтерес до низьковуглецевих та економічно вигідних джерел енергії. Такими джерелами є атомна енергетика та відновлювальні джерела енергії (вітрова, сонячна та ін.).

У зв'язку з технічною специфікою роботи відновлювальних джерел (непостійність вироблення електроенергії та ін.) постає необхідність в ефективному інтегруванні відновлювальних джерел енергії в енергетичний комплекс України.

Основна науково-технічна ідея роботи полягає в підвищенні ефективності як атомної енергетики, так і відновлювальних джерел енергії шляхом кооперації двох видів енергії. Цього можна досягти створенням гібридних енергетичних систем - інтегрованих об'єктів, що складаються з ядерних реакторів, поновлюваних джерел енергії та промислових процесів (охолодження, нагрівання, опріснення, виробництва водню, та ін.), які одночасно можуть задовольнити потребу в гнучкості мережі, скорочення викидів та оптимальне використання інвестиційного капіталу.

Також, широкий розвиток по всьому світу отримують технології зберігання електроенергії. Ці технології виконують різні функції – вирівнювання добового графіку енергоспоживання, вирівнювання частоти струму в мережі, а також швидке аварійне введення потужностей в мережу.

В процесі інтегрування відновлювальних джерел в енергосистему наша держава може орієнтуватись на світовий досвід, а також на вже наявний досвід з експлуатації гібридних систем в Україні. Зокрема, великий досвід надає Южно-Український енергетичний комплекс, в якому на одному виробничому майданчику зосереджено Южно-Українську АЕС, Олександрівську ГЕС та Ташлицьку ГАЕС.

Метою даної роботи є вивчення синергії між атомною енергетикою та відновлювальними джерелами енергії.

Перелік посилань:

1. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. -М.: Энергоатомиздат.1990. -392 с.
2. Мхитарян Н. М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. Опыт и перспективы. –К.: Наукова думка, 1999. –320 с.
3. Основы современной энергетики: Учебник для вузов. В двух частях / Под общей редакцией чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2003. Часть 1. А.Д. Трухний, А.А. Макаров, В.В. Клименко. Современная теплоэнергетика. — 376 с., ил.

УДК 621.039.56

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-51 Вершняк В.Л.

Ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.

ВОДНЕВЕ ОХРУПЧУВАННЯ І ГІДРИДНЕ РУЙНУВАННЯ ЦИРКОНІЄВИХ ВИРОБІВ ВОДООХОЛОДЖУЮЧИХ ЯЕУ

Паливо для гетерогенних ядерних реакторів використовуються у вигляді тепловиділяючих елементів. Оболонки твелів є основним бар'єром, перешкоджаючим попаданню в теплоносій радіоактивних продуктів поділу, напрацьованих в процесі експлуатації ядерного палива. Їх властивості визначають ресурс експлуатації, безпеку і економічну ефективність ядерного палива. Тому роботи по створенню нових цирконієвих сплавів в інтересах ядерної енергетики є актуальними.

Для обґрунтування працездатності ядерного палива необхідно вміти моделювати зміни властивостей оболонок твелів в процесі експлуатації і зберігання ВЯП. Побудова інженерних кореляцій при цьому пов'язане з проведенням великої кількості експериментальних досліджень і вимагає істотних тимчасових і фінансових витрат. Оптимізувати кількість експериментальних досліджень дозволяє розвиток фізичних моделей, здатних передбачати зміну властивостей матеріалів під впливом зовнішніх факторів.

На стадії експлуатації ТВЗ одним з факторів деградації оболонок твелів є окислення при контакті з теплоносієм. На основі розрахунково-теоретичного підходу розроблена фізична модель перелому кінетики окислення цирконієвих сплавів. Практичне застосування даної моделі дозволяє дати рекомендації щодо збільшення корозійної стійкості, а також оптимізувати число експериментів для отримання вдосконалених сплавів. На стадії зберігання оболонки відпрацьованих ТВЗ (ВТВЗ) повинні забезпечувати герметичність ядерного палива протягом тривалого часу. Перспективною технологією зберігання ВЯП є сухе зберігання відпрацьованого ядерного палива (СЗВЯП).

Впровадження технології сухого зберігання дозволяє знизити витрати на зберігання ВЯП. Розроблена методика оцінки частки радіальних гідридів дозволяє обґрунтувати умови СЗ ВТВЗ, які мінімізують ризики водневої крихкості.

Робота сприяє збільшенню ресурсу експлуатації ядерного палива, безпеки зберігання ВЯП і економічності цирконієвих сплавів, тому дана робота є актуальною.

Перелік посилань:

1. Б.Г. Парфенов, В.В. Герасимов, Г.И. Бенедиктова. “Коррозия циркония и его сплавов”, М., Атомиздат, 1967.
2. А.С. Займовский, А.В. Никулина, Н.Г. Решетников. “Циркониевые сплавы в ядерной энергетике”, М., Энергоатомиздат, 1994.
3. Колесник М.Ю. “Моделирование процессов перелома кинетики окисления и переориентации гидридов в циркониевых оболочках твэлов”, М., Троицк, 2018.

АНАЛІЗ НЕОБХІДНОСТІ ТА ТРИВАЛОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ ОСКЛОВАНИХ ВИСОКОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ, УТВОРЕНИХ ПІСЛЯ ПЕРЕРОБКИ ПАЛИВА ВВЕР

При експлуатації атомної електростанції вирішальне значення має безпека реакторної установки. Сталий розвиток світової ядерної енергетики на подальшу перспективу залежить від того, наскільки ефективно будуть вирішені пов'язані з нею проблеми радіаційної безпеки та ядерного розповсюдження. Можливість зберігання свого відпрацьованого палива своїми силами забезпечить тривалу сталу роботу атомних станцій і дозволить уникнути ризиків залежності від монопольного іноземного постачальника послуг з його зберігання і переробки.

Тому, був проведений аналіз необхідності та тривалості охолодження осклованих високоактивних відходів (ВАВ), що утворилися після переробки палива ВВЕР. В даному дослідженні розглядаються найбільш оптимальні варіанти, з різних умов охолодження затверділих радіоактивних відходів, при різних способах їх розміщення в порожніх боксах машзалу ЧАЕС. Також, для обґрунтування прийнятої схеми охолодження, були виконані теплові розрахунки очікуваних/імовірних аварій/порушень для вибраного режиму тепловідводу.

Дослідженню підлягала конструкція та геометрія бідонів, пеналів та ємностей, що містять відходи. При цьому були розглянуті: параметри охолоджуючого середовища – температура, швидкість повітря на вході та виході в контейнер з ВАВ, тощо; оптимальна модель організації тепловідводу – вертикальний або горизонтальний напрям руху охолоджуючого повітря.

На основі проведення попередньої оцінки теплового режиму високоактивних відходів для одного пеналу, було визначено, що для забезпечення критерію прийнятності по температурі ВАВ недостатньо лише природної конвекції, тому слід забезпечити вимушений рух повітря.

З метою отримання найбільш оптимального варіанту охолодження пеналів, було прийнято їхнє розміщення у вертикальній трубі.

Перелік посилань:

1. ЧАЭС. Песков. Предложения и вопросы по созданию I очереди хранения остеклованных ВАВ в боксе бойлеров машзала 1-го блока. Проект.

УДК 621.039.4

Магістрант 5 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 запроєктовані, 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. 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:

- 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.

АВТОМАТИЧНИЙ РЕГУЛЯТОР НА БАЗІ ARDUINO РОЗШИРЕНОГО ФУНКЦІОНАЛУ

Сучасна АЕС представляє собою складну систему механізмів. Для підвищення безпеки експлуатації проводиться постійна модернізація обладнання.

Регюлюючий клапан – це один з конструктивних видів регулюючої трубопровідної арматури, що частіше всього використовується як для безперервного так і дискретного регулювання витрати і тиску. Клапан виконує регулювання за рахунок зміни витрати через свій прохідний переріз.

Мета роботи – проаналізувати фактори, що впливають на точність, швидкість та автономність регулювання клапаном.

На сьогоднішній день в світі найбільш поширеними є регулятори з аналоговим входом та заснований на пошагових двигунах, це обумовлено дешевизною та надійністю. Я хочу запропонувати варіант який буде декілька дорожчим, але точнішим, а в надійності рівним з регуляторами попереднього покоління.

Сервопривод являється найбільш точним та дешевим механізмом для повороту вала, має високі динамічні характеристики, високу здатність витримувати перегрузки, відсутній ефект втрати «кроків». Точність в 0.036 градуса на крок забезпечує енкодер.

Для автоматизації регулювання можуть бути використані процесори Arduino, що можуть працювати навіть в умовах 1 контуру, при умові принципу дублювання розрахунку. Дублювання суттєво не збільшить ціну такого регулятора через дешевизну процесора.

Автономність системи може бути забезпечено пакетом літій-іонних батарейок, та в залежності від системи та часу потрібного на автономність, кількість батарейок може бути збільшена або зменшена.

Такий вид регулювання допускає управління приводом як аналоговим сигналом, з, припустимо, БЩУ так і через мережу WIFI з любого іншого приміщення та навіть через телефон, якщо в тому є потреба.

Перелік посилань:

1. Миронов К. Теплотехнические измерительные приборы и автоматические регуляторы / Константин Миронов, Лев Шипетин – Москва: 1956. – 674 с.

РЕАКТОР НЕ НАКОПИЧУВАЧ ТИПУ ВВЕР-Т

Розвиток атомної енергетики є пріоритетним напрямком розвитку енергетики України. Тому тема моїх наукових досліджень та інтересів пов'язані з альтернативними реакторними установками, котрі можуть бути введені в експлуатацію на території України. Одним з таких реакторів, може бути реактор на основі торій-урановому циклі. Прикладом моделі такого реактора, є реактор типу ВВЕР-Т, який не знайшов широкого застосування в ядерній енергетиці в силу певних причин. Не дивлячись на це, реакторна установка максимально використовує технологію, устаткування й технічні рішення серійних ВВЕР-1000. Торій входить у ТВЗ активної зони стандартного ВВЕР-1000 при збереженні внутрішньо реакторних конструкцій і основного устаткування першого контуру. У цьому випадку торій може бути залучений у діючі ВВЕР-1000, при цьому забезпечується також незмінність основних параметрів реакторної установки ВВЕР-1000, таких, як потужність, параметри теплоносія й т.д. Такий підхід знижує до мінімуму обсяг робіт по обґрунтуванню й ліцензуванню впровадження торія в діючі реактори[1].

У своїх наукових дослідженнях, я описав позитивні та негативні сторони реакторних установок типу ВВЕР-Т. Одним із основних чинників, які спонукали мене вибрати саме таку тему дипломної роботи було те, що у наш час гостро підіймається питання напрацювання ядерних відходів, які в подальшому можуть бути використанні для виготовлення ядерної зброї[2].

Вирішення даного питання доволі просте: почати використовувати реакторні установки типу ВВЕР-Т, в концепцію яких входить принцип не накопичення: ні паливо, що завантажується, ні паливо, що вивантажується з реактора, не може бути застосоване для виробництва ядерної зброї.

До того ж, паливо, що відробило, містить істотно меншу кількість високоактивних і високотоксичних відходів, у тому числі плутонію, в порівнянні з діючими реакторами, що в свою чергу зменшує інтерес використання таких реакторів в цілях накопичення відпрацьованого ядерного палива, яке може бути використане в майбутньому для створення ядерної зброї[3].

Перелік посилань:

1. Понамарьов-Степний Н.Н., Лунін Г.Л., Морозов А.Г. и др. Легководный ториевый реактор ВВЭР-Т. Докл. на Межд. сем. «Новые подходы к ядерным топливным циклам и схемам захоронения отходов», 25-28 июня 1998 г., Саров.
2. Поводження з радіоактивними відходами / А.В.Носовский, З.М.Алексеева, Г.П.Борозенець та ін.; За ред.А.В.Носовського.. – К.: Техніка, 2007. – С.84-135.
3. Н.С. Пронкін «Забезпечення безпеки поводження з радіоактивними відходами підприємств ядерного паливного циклу» [Текст]: - навчальний посібник - М.: Логос, 2012. - 420 с.

ВИКОРИСТАННЯ ДЕТЕРМІНІСТИЧНИХ МЕТОДІВ ПРИ АНАЛІЗІ ПОРУШЕНЬ У РОБОТІ АЕС УКРАЇНИ

Систематичний аналіз досвіду експлуатації дозволяє визначати поточний стан експлуатаційної безпеки та виявляти проблемні області, які потребують належної уваги та вчасного реагування. Для виконання цього завдання впроваджена система врахування досвіду експлуатації, ефективного функціонування якої передбачає активне залучення експлуатуючої організації та регулюючого органу.

Для підтримання належного рівня безпечної експлуатації АЕС необхідно забезпечити проведення всебічного аналізу досвіду експлуатації та поширення позитивних уроків, визначених за результатами цього аналізу.

Порушення в роботі енергоблоків АЕС ретельно аналізуються, виявляються корінні причини їх виникнення. Поглиблений аналіз експлуатаційних подій може проводитись імовірнісними чи детерміністичними методами.

На цей час серед детерміністичних методологій аналізу експлуатаційних подій активно використовуються наступні:

- Assessment of Safety Significant Event Team, ASSET ("Аналіз груп подій, важливих для безпеки");
- Human Performance Enhancement System, HPES ("Система підвищення ефективності роботи персоналу");
- Management Oversight and Risk Tree, MORT ("Аналіз помилок керування та дерево ризику");
- та інші.

Застосування окремих методологій обмежено однією або кількома країнами, це зокрема: SOL-VE (Німеччина), PRCAP (Угорщина), АЕВ (Швеція) і PSA – Based Analysis (Фінляндія).

В роботі розглянуто сильні та слабкі сторони найбільш поширених методів аналізу порушень в роботі АЕС та визначено найбільш застосовні з них на АЕС України.

Перелік посилань:

- Root cause analysis following an event at a nuclear installation : reference manual.
– Vienna : International Atomic Energy Agency, 2014. – 192 p. ISBN 978-92-0-110014-6.

АНАЛІЗ БЕЗПЕКИ РЕАКТОРІВ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ НА ЛЕГКІЙ ВОДІ

Питання будівництва нових потужностей набуває все більшої актуальності. Технології SMR (модульні реактори малої потужності) можуть аналізуватися в якості альтернативи з урахуванням їх специфіки та специфічних умов вітчизняної енергетики. Застосування в атомній енергетиці SMR переслідує наступні основні цілі: підвищення економічності виробництва електроенергії за рахунок зниження капітальних і експлуатаційних витрат; скорочення термінів будівництва; можливість більш оптимального повернення інвестицій. Все це в порівнянні з енергоблоками великої потужності. Також серед цілей застосування SMR в атомній енергетиці слід розглядати: забезпечення високого рівня надійності і безпеки; можливість роботи енергоблоків в маневреному режимі видачі електричної енергії.

У науковій роботі аналізуються та оцінюються відповідні теплогідравлічні особливості реактора під тиском для нового покоління АЕС. У якості об'єкту досліджень розглядається модульний реактор NuScale (США). Цей реактор має теплову потужність 160 МВт і працює зазвичай з більшою кількістю реакторів такого типу на загальному майданчику. Дизайн NuScale в даний час знаходиться в фінальній стадії ліцензування з боку комісії з ядерного регулювання США.

Згідно визначеного плану робіт передбачається систематизація інформації щодо модульного реактору, що присутня у відкритих джерелах, з її подальшим аналізом на предмет рівня безпеки. Окрім того, планується розробка теплогідравлічної моделі модульної реакторної установки малої потужності та проведення незалежних розрахунково-аналітичних досліджень з використанням цієї розрахункової моделі для комп'ютерного коду TRACE.

За результатами роботи буде виконано порівняння розрахункових аналізів з інформацією, що наведена у заключному звіті з аналізу безпеки NuScale.

З огляду на те, що з одного боку, зараз в Україні відсутній досвід з розробки розрахункових моделей та виконання розрахунково-аналітичних досліджень для модульних реакторів малої потужності, з іншого боку, враховуючи плани НАЕК «Енергоатом» щодо будівництва SMR-160, цільовим результатом даної роботи буде освоєння навичок, та підготовка науково-технічної бази (розробка моделі) для подальших робіт з ліцензування модульних реакторів малої потужності в Україні.

Перелік посилань:

1. NuScale Inc. Final safety analysis report - part 02 - tier 02 - chapter 05 - reactorcoolant system and connecting systems. 2016.

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

На даний час одним з основних завдань атомної енергетики України є продовження проектних термінів експлуатації енергоблоків діючих АЕС згідно концепції, що оснований на принципі безпечної експлуатації за технічним станом. 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, включаючи вантажопідйомне обладнання. Аналіз літератури показує, що єдиний обґрунтований підхід до визначення залишкового ресурсу мостових кранів кругової дії (полярних кранів) відсутній. Також, вплив специфічних умов роботи і деградації елементів металоконструкцій полярного крану на його безпечну експлуатацію залишається малодослідженим, тому прогнозування залишкового ресурсу носить індивідуальний характер.

Метою даної роботи є вирішення двох задач:

- оцінка технічного стану полярного крану на підставі візуального-інструментального огляду і інструментального обстеження елементів полярного крану;
- визначення залишкового ресурсу (терміну), умов безпечної експлуатації полярного крану на підставі прогнозування розвитку цього стану до граничного стану.

При цьому має підтверджуватись міцність за наступними критеріями: статична і циклічна міцність, вантажна і власна стійкість, статична і динамічна жорсткість з врахуванням деградації матеріалів, впливу оточуючого середовища і сейсмічних впливів.

Оцінка технічного стану і перепризначення залишкового ресурсу полярного крану передбачає виконання наступних етапів:

- аналіз технічної документації, що включає опис, основні функції, технічні характеристики полярного крану;
- визначення переліку досліджуваних елементів, їх механізмів старіння, параметрів і критеріїв оцінки технічного стану;
- розробка розрахункової моделі, режимів, граничних умов;
- перевірочний технічний розрахунок міцності досліджуваних елементів;
- оцінка залишкового ресурсу по розрахованих параметрах технічного стану об'єктів дослідження.

Для виконання перевірочного розрахунку міцності вибраний підхід створення кінцево-елементної моделі несучих металоконструкцій і елементів крану з використанням інструментів САПР. Залишковий ресурс полярного крану визначається прогнозним розрахунком на основі отриманої оцінки технічного стану крану відповідно до методології [2]. У разі невідповідності технічного стану полярного крану вимогам безпечної експлуатації [3] має бути розроблена технічна документація по його ремонту.

Перелік посилань:

1. НП 306.2.141-2008 Загальні положення безпеки атомних станцій.
2. Иванов В.Н. Методология определения остаточного ресурса работы грузоподъемных кранов / В. Н. Иванов // Подъемные сооружения. Специальная техника. – 2002 – № 1-2 – С. 35–37.
3. НПАОП 0.00-1.80-18 Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання.

ОЦІНКА РАДІАЦІЙНИХ НАСЛІДКІВ ПРИ ВАЖКИХ АВАРІЯХ НА АЕС

Розгляд запроектних аварій (ЗПА) на атомних електростанціях являється найважливішим елементом принципу глибокоешелонованого захисту, який застосовується при забезпеченні радіаційної безпеки. Ймовірність виникнення ЗПА дуже низька, але така аварія може призвести до значних наслідків, зумовлених пошкодженням ядерного палива, та викиду радіоактивних аерозолів в навколишнє середовище. Аварійні умови які викликають значне пошкодження активної зони визначають як тяжкі аварії.

В Україні прийнято п'ять рівнів стратегії глибокоешелонованого захисту. П'ятим рівнем глибокоешелонованого захисту, який спрямований на захист населення від дії радіоактивних речовин, передбачено встановлення санітарно-захисної зони (СЗЗ) і зони спостереження (ЗС) АЕС. Згідно діючих нормативних документів, у СЗЗ забороняється проживання населення, розміщення житлових будинків та громадських споруд. Отже, необхідність захисту населення розглядається в межах ЗС.

В ході аналізу нормативних документів і Законів України було визначено, що ЗС АЕС трактується як територія: де населенню завдається ризик від потенційного опромінення; що є елементом глибокоешелонованого захисту; де можливий вплив радіоактивних викидів і скидів АЕС і де здійснюється моніторинг [1]. Результати проведеного аналізу свідчать про те, що покладені на ЗС функції важко виконувати в повній мірі. Наприклад, хоча й передбачено можливість того, що проведення йодної профілактики може бути необхідне на всій території ЗС, таблетки калій йодиду зберігаються і розповсюджуються на території радіусом в 10 км від АЕС [2]. Також варто відмітити, що в разі виникнення важкої аварії, з високою долею ймовірності, критерії введення контрзаходів будуть досягнуті на відстанях значно більших, ніж встановлені 30 км [3]. Для того, аби вирішити ці питання, можливим є введення в законодавство України понять аварійних зон: “зона планування термінових захисних заходів” (urgent protective action planning zone) і “зона попереджувальних заходів” (precautionary action zone) відповідно до визначень у документах МАГАТЭ [3].

У доповіді представлена оцінка радіаційних наслідків при важкій аварії на АЕС за допомогою системи підтримки прийняття рішень ARGOS, запропоновано міри щодо контрзаходів та уточнено можливість використання діючих розмірів СЗЗ і ЗС як згідно нормативних документів України, так і міжнародних рекомендацій.

Перелік посилань:

1. Бончук Ю. В. Радіаційно-гігієнічні принципи обґрунтування розмірів і функціонування зон спостереження АЕС / Ю. В. Бончук // Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. - 2015. - Вип. 20. - С. 25-41.
2. Проблеми йодної профілактики в Україні на випадок радіаційної аварії на атомній електростанції / Скалецький Ю.М., Савицький В.Л., Печиборщ В.П. // Вісник проблем біології і медицини – 2014 – Вип. 3, Том 1 (110). С. 321 - 325.
3. Меры по защите населения в случае тяжелой аварийной ситуации на легководном реакторе, Вена: МАГАТЭ, 2015. – Стр. 168.

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-52 Коврігін В.В.
Асист. Гашимов А.Р.

ВИЗНАЧЕННЯ НАЙБІЛЬШ ЕФЕКТИВНОЇ ПРОЦЕДУРИ ВІДНОВЛЕННЯ ПРИБАВАРІЇ З ТЕЧЕЮ З ПЕРШОГО КОНТУРУ В ДРУГИЙ

Атомна енергетика - одна з перспективних способів видобутку електроенергії який існує на сьогоднішній день. Найбільш поширеними і небезпечними за своїми наслідками є аварії з течєю теплоносія першого контуру, що супроводжуються виходом активності за межі бар'єрів локалізації. Даний клас аварій характеризується високою динамікою протікання і вимагає роботи систем безпеки для переведення реакторної установки в безпечний кінцевий стан.

Специфікою управління аварією з течєю теплоносія з першого контуру в другий є необхідність виконання комплексних взаємопов'язаних між собою заходів в умовах обмеженого часу (час до спрацьовування паросбросних пристроїв аварійного парогенератора (ПП АПГ) і викиду в атмосферу радіоактивних речовин становить 3-4 хвилини). Відповідно до існуючої експлуатаційної документації по управлінню аваріями для ВВЕР-1000 ці дії повинні бути виконані оперативним персоналом або впроваджуються в даний час алгоритмом управління аварією.

Одна з основних завдань визначення виходу радіоактивних речовин з першого контуру в другий - це ідентифікація збільшення потужності гамма-випромінювання, з метою визначення АПГ. Наступним етапом запобігання аварії, є запуск алгоритму системи управління аварії течі першого контуру в другий (СУА ТПКД), метою якого є:

- Запобігання безповоротної втрати теплоносія першого контуру через ПП АПГ.
- Запобігання виходу активності першого контуру.

Завдання оптимального алгоритму управління аварією з течєю з першого контуру в другий досягаються наступними діями, що дозволяють знизити тиск першого контуру менш ніж уставки роботи ПП АПГ:

- прискорене розхолодження першого контуру через АПГ;
- висновок з роботи надлишкової кількості САОЗ за критерієм запасу до насичення над активною зоною;
- зниження тиску першого контуру за допомогою системи компенсації тиску.

Вищеназвані дії, реалізуючи послідовно, дозволяють мінімізувати вихід активності першого контуру за межі бар'єрів локалізації та запобігти вичерпання запасу борованої води в баках САОЗ. Після успішної реалізації алгоритму і локалізації течі забезпечується перехід реакторної установки в стабільний стан з подальшою зупинкою для ремонту.

Отже, важливим завданням на сьогоднішній день для Українських АЕС є обґрунтування безпеки застосування даного алгоритму, який дає можливість уникнути радіаційному забрудненню обладнання АЕС та навколишнього середовища.

Перелік посилань:

1. Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций с реакторами с водой под давлением (ПБЯ РУ АС-2008). НП306.2.145-2008.
2. Аналіз особливостей аварії с відривом кришки колектора парогенератора та повної втрати електропостачання енергоблоку АЕС з ВВЕР-1000. / Режим доступу до файлу : http://www.kinr.kiev.ua/NPAE_Kyiv2006/proc/Zenov.pdf

УДК 621.039.4

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-81мн Кокорський А.Р.

Доц., к.т.н. Кравець В.Ю.

АЛГОРИТМ ВРАХУВАННЯ КОМБІНАЦІЙ ЗОВНІШНІХ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ВПЛИВІВ В ІМОВІРНІСНОМУ АНАЛІЗІ БЕЗПЕКИ

11.03.2011 р. біля узбережжя Японії відбувся землетрус величиною 9,0 балів за шкалою Ріхтера. В результаті землетрусу виникло цунамі з висотою хвилі до 14 метрів, що вище висоти захисних дамб електростанції. Ця хвиля призвела до виходу з ладу аварійних електрогенераторів. Комбінація таких зовнішніх екстремальних впливів, як землетрус та цунамі в результаті привели до наслідків, що перевищили проектні межі.

Необхідність врахування комбінацій зовнішніх екстремальних впливів в імовірнісному аналізі безпеки (ІАБ) також зазначено в нормативних вимогах України (НП 306.2.162-2010. Вимоги до оцінки безпеки атомних станцій затвердженого наказом Державної інспекції ядерного регулювання України N 15 від 11.02.2016 р) та рекомендаціях МАГАТЕ і WENRA.

Алгоритм врахування комбінацій зовнішніх екстремальних впливів в ІАБ має наступні етапи:

1. Складання розширеного переліку вихідних подій аварії (ВПА). Розширений перелік ВПА базується на існуючих переліках внутрішніх вихідних подій аварій та зовнішніх екстремальних впливів. Ці переліки розробляються в рамках проведення робіт з урахування повного спектру вихідних подій для всіх регламентних станів реакторної установки та басейна витримки в ІАБ. Розширений перелік формується без застосування будь-яких критеріїв відсіву. При формуванні розширеного переліку подій слід виконати аналіз повноти існуючих переліків вихідних подій. В якості вихідних матеріалів для розроблення розширеного переліку ВПА рекомендується використовувати останні дослідження ІАБ, затверджені ДП «НАЕК «Енергоатом» та погодженні Держатомрегулюванням.

2. Попередній відбір комбінацій. Після формування розширеного переліку подій розробляється матриця, в якій на попередньому якісному рівні відображається можливість комбінації. Розглядаються наступні комбінації:

- незалежних подій;
- залежних подій: причинно-наслідкові зв'язки. Одна подія може викликати іншу подію, але кожна з таких подій може виникати окремо; одна подія є наслідком іншої події і не може виникнути самостійно; асоціативні події. Це події, які можуть виникати через деяку загальну причину, яка сама по собі не являється ВПА.

3. Якісний відсів комбінацій та його критерії:

- події всередині комбінацій є взаємовиключними;
- події не можуть відбуватися одночасно в силу їх фізичної природи.
- виключаються з подальшого розгляду комбінації з подіями, хоча б одна з яких безпосередньо призводить до пошкодження ядерного палива, якщо буде показано, що інша подія (інші події), які входять до цієї комбінації подій не призводить до деградації функції перешкоджання викиду радіоактивних речовин за межі встановлених проектом бар'єрів;

- відмова систем/функцій безпеки, яка призводить до певної ВПА, вже змодельованої в дереві подій іншої ВПА;

- події, що розглядаються, є подібними в частині необхідної реакції енергоблока у відповідь

4. Кількісний відсів комбінацій та його критерії.

АНАЛІЗ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОСТФУКУСІМСЬКИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ БАСЕЙНУ ВИТРИМКИ ЕНЕРГОБЛОКУ З ВВЕР-440

Оцінка безпеки басейну витримки є важливою складовою для безпечної та надійної експлуатації атомної електричної станції. Після аварія яка трапилась на АЕС Фукусіма виникла необхідність розглянути надійність експлантації АЕС України у всіх режимах та при відмовах обладнання важливого для безпечної експлуатації.

Для басейну витримки (БВ) був розроблений імовірнісний аналіз безпеки з використанням методу малих дерев подій та великих дерев відмов. Даний метод полягає у тому, що на рівні дерев подій в явному вигляді моделюються тільки феноменологічні або функціональні залежності, що веде до відносно невеликої кількості аварійних послідовностей в деревах подій. У БВ виділили два експлуатаційні стани: тривале зберігання палива, що характеризується тим, що для надійного відведення залишкового тепловиділення протягом усього часу досить роботи одного насосу системи розхолодження та перевантаження палива, що включає в себе ряд технологічних операцій з підготовки БВ і систем БВ до перевантаження палива.

Після аварії на АЕС Фукусіма було запропоновано модернізації для підвищення безпеки басейну витримки при знеструмленні блоку, а саме: організація тепловідводу від БВ через теплообмінники після підключення мобільного дизель-генератора, організація відводу тепла з подачею борованої води через мобільну насосну станцію, організація відводу тепла з подачею води без бору через мобільну насосну станцію.

При аналізі отриманих результатів було порівняно дані від імовірнісної моделі до модернізацій з даними які отримані після модернізацій. Сумарна частота пошкодження палива у басейні витримки до модернізацій становить: $7,401E-06$ 1/рік, а з урахуванням запропонованих дій частота пошкодження палива становить: $4,65E-07$ 1/рік, що на 93,7 % менше.

З отриманих результатів можна зробити висновок, що запропоновані модернізації є доцільними та вони сприяють надійному та безпечному функціонуванню енергоблоку.

Перелік посилань:

1. Отчет по анализу безопасности. Описание важных для безопасности систем, оборудования и сооружений АС. Книга 6. ПАО КИЭП.
2. Предварительный отчет по анализу безопасности. Обеспечение работоспособности потребителей систем технической воды группы «А» при обезвоживании брызгальных бассейнов. ПАО КИЭП.
3. Отчет по анализу безопасности. Вероятностный анализ безопасности. Приложение II. Исходные события аварий и эксплуатационные состояния. АО КИЭП.
4. Предварительный отчет по анализу безопасности. Обеспечение подпитки и охлаждения бассейна выдержки в условиях длительного полного обесточения АЭС. ПАО КИЭП.

УДК 621.039.5

Студент 5 курсу, гр. ТЯ-81мн Кухоцька 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

Основою обґрунтування безпеки реакторної установки (РУ) є дослідження нейтронно-фізичних характеристик (НФХ) активної зони (АкЗ) ядерного реактора (ЯР), що здійснюється шляхом виконання нейтронно-фізичного аналізу (розрахунку) ЯР. Підвищення точності такого розрахунку дасть змогу підвищити якість прогнозування поведінки РУ та, відповідно, безпеку її експлуатації. Зважаючи на це, першочерговим завданням для проведення подальших досліджень – є розробка можливих підходів та методів, що дадуть змогу покращити моделювання нейтронно-фізичних процесів в АкЗ ЯР, тим самим підвищивши ядерну безпеку в цілому.

Розрахунки НФХ АкЗ виконують за допомогою програмних продуктів, точність проведення яких суттєво залежить від якості підготовки малогрупових бібліотек нейтронно-фізичних перерізів (НФП), так званого константного забезпечення.

Підготовка бібліотеки макроскопічних перерізів взаємодії (МПВ) вимагає врахування наступних характеристик: композиції палива, його вигорання, положення органів регулювання, температури та густини теплоносія та палива, концентрації рідкого поглинача. Враховуючи те, що паливо у водо-водяному енергетичному реакторі (ВВЕР-1000) вигорає у переважній більшості при роботі РУ на номінальному рівні потужності або на близьких до нього рівнях, усталена практика передбачає при підготовці бібліотеки НФП виконувати розрахунки зміни ізотопного складу палива при вигоранні для певного референсного стану. При цьому не враховується те, що у реальності умови вигорання палива змінюються і це, в свою чергу, впливає на ізотопний склад, і як наслідок, на зміну МПВ.

Для урахування реальної історії вигорання (історичного або спектрального ефекту) необхідно врахувати залежність перерізів взаємодії не тільки від вигорання, а й від самої історії зміни спектра нейтронів протягом вигорання палива [1]. У рамках дослідження спектрального ефекту розроблено розрахункову модель паливної чарунки ВВЕР-1000 для програмного коду WIMS та проведено аналіз впливу урахування зміни спектру щільності потоку нейтронів при варіації параметрів експлуатації палива на зміну ізотопного складу при вигоранні палива ВВЕР-1000.

Проаналізувавши описи бібліотек перерізів для найбільш використовуваних кодів, а також враховуючи специфіку ВВЕР визначено основні параметри, варіація яких призводить до зміни спектру нейтронів. Після чого, проведений розрахунковий аналіз зміни спектру щільності потоку нейтронів при зміні кожного із параметрів (температури палива, густини та температури теплоносія, концентрації борної кислоти) та усіх цих параметрів разом (консервативний аналіз) для попередньо визначеного діапазону їх змін. Отримані результати показали, що вплив спектрального ефекту на ізотопний склад досить суттєвий, і це необхідно враховувати, при підготовці малогрупових бібліотек НФП та подальших розрахунках НФХ АкЗ в цілому.

Наступним етапом дослідження є проведення аналізу невизначеності та чутливості впливу спектрального ефекту на макроскопічні перерізи ТВЗ ВВЕР-1000. На даний час проводяться роботи в даному напрямку, адже підвищення якості отриманих МПВ, що формують малогрупові бібліотеки НФП, дозволить покращити оцінку НФХ АкЗ.

Перелік посилань:

1. Ovdiienko I, etc. Effect of Fuel Burnup History on Neutronic Characteristics of WWER-1000 Core. Nuclear and radiation safety journal. 2014.№3(63). P. 14-18

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕВЕДЕННЯ РУ В БЕЗПЕЧНИЙ СТАН ПРИ ТЕЧІЯХ З ПЕРШОГО В ДРУГИЙ КОНТУР

В Україні експлуатуються 15 енергоблоків з водо-водяними енергетичними реакторами. Особливістю проекту енергоблоків зазначеного типу є двоконтурна схема виконання із використанням парогенераторів (ПГ) в яких відбувається розмежування першого та другого контурів. Таке компонування дозволяє зменшити радіаційний вплив АЕС порівняно із одноконтурною схемою. Разом з тим, у зв'язку із складними умовами експлуатації ПГ та його конструкційних елементів високою є імовірність утворення міжконтурної течії з першого в другий контур. Така аварія вже траплялася на енергоблоці №1 Рівненської АЕС у 1982 році, в результаті якої з першого в другий контур потрапило 1100 т води [1].

Міжконтурна течя може утворитися в результаті пошкодження теплообмінних трубок або при відриві кришки колектора ПГ. Небезпека такої течії полягає у тому, що відбувається безповоротна втрата теплоносія першого контуру, що в результаті може призвести до пошкодження активної зони реактора, а також створення умов до викиду теплоносія за межі герметичного огороження. Робота автоматики і систем безпеки без втручання персоналу енергоблоку не дає можливість перевести реакторну установку (РУ) в безпечний стан.

Врахування досвіду експлуатації АЕС, а також уроків аварій призвів до появи нового виду аварійних інструкцій – симптомно-орієнтованих, які дозволяють на основі аналізу набору параметрів енергоблоку та їх зміни (симптомів) визначати вихідні події аварії, що виникли та встановлювати детальні вказівки до переведення енергоблоку у стабільний безпечний стан.

У симптомно-орієнтованих аварійних інструкціях дії з ліквідації аварій із течєю теплоносія з першого в другий контур були визначені в рамках серії процедур [2], кожна з яких включає в себе окремий варіант протікання аварії та підходів з управління аварійними процесами, зокрема:

- розхолодження дефектного ПГ з використанням зворотного заповнення;
- розхолодження РУ із втратою киплячого теплоносія 1-го контуру;
- розхолодження РУ із втратою теплоносія 1-го контуру, який має запас на закипання;
- розхолодження дефектного ПГ з використанням скидання пари з ПГ;
- розхолодження дефектного ПГ з використанням продувки ПГ;

В роботі виконано аналіз особливостей підходів з ліквідації аварій із течєю теплоносія із першого в другий контур, які використовуються у нині діючих симптомно-орієнтованих аварійних інструкціях, а також розглянуто модернізації, які спрямовані на підвищення стійкості та безпеки енергоблоків до течій зазначеного типу.

Перелік посилань:

1. «Авария на блоке №1 Ровенской АЭС (СССР), связанная с разгерметизацией 1-го контура»/ Режим доступа до файла :

http://rb.mchs.gov.ru/mchs/radiation_accidents/m_other_accidents/1982_god/Avarija_na_bloke_1_Rovenskoj_AJES_SSSR_s

2. "Инструкция по ликвидации аварий и аварийных ситуаций на реакторной установке энергоблока №4 Ривненской АЭС" 4-ИЛА-РАЭС.

УДК 621.039.746

Магістрант 5 курсу, гр ТЯ-81МП Носкевич І.М.

Керівник - к.т.н. Бібік Т.В.

РОЗРОБКА ВИМОГ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ НИЗЬКОАКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ

Метою роботи є розробка та вдосконалення вимог з ядерної безпеки при транспортуванні низько активних матеріалів до чинно законодавства України та у відповідності до міжнародних рекомендацій на рівні держави.

Станом на сьогоднішній день у чорнобильській зоні відчуження відбувається будівництво центрального сховища відпрацьованого ядерного палива. По завершенню його будівництва розпочнеться процес перевезення відпрацьованого ядерного палива з усіх майданчиків АЕС України. Транспортування радіоактивних матеріалів за своєю природою породжує ризик аварій з потенційним радіологічним опроміненням. Саме тому необхідно прописати суворі міжнародні стандарти безпеки та правила перевезення і забезпечуючи їх правильне застосування за допомогою інтенсивної підготовки і експертних консультативних послуг для держав-членів.

В рамках моєї магістерської дисертації розглядається основні функції системи транспортування якими є:

- доставлення завантажених контейнерів з ВТВЗ з АЕС до проммайданчика ЦСВЯП по залізничних шляхах Мінтрансу України;
- доставлення порожніх контейнерів для завантаження ВТВЗ з ЦСВЯП до АЕС України по залізничних шляхах Мінтрансу України;
- маневрування з вагон-контейнерним ешеленом в межах проммайданчика ЦСВЯП. Вивезення ВЯП з АЕС буде здійснюватись спеціальним составом (ешелоном), що складається з десяти вагонів:
 - п'ять вагон-контейнерів з ВЯП;
 - один вагон-контейнер для перевантажувального контейнера HI-TRAC;
 - одна платформа для зварювального та допоміжного обладнання;
 - один вагон супроводження;• два вагони прикриття.

Перелік посилань:

1. Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами»
2. НАЕК «Енергоатом» - «Техніко-економічне обґрунтування інвестицій ЦСВЯП реакторів ВВЕР АЕС України

УДК 621.039.56

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-51 Омельчук Е.О.

Ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА РЕСУРСУ КОРПУСІВ РЕАКТОРІВ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

В загальній проблемі продовження експлуатації енергоблоків АЕС з реакторами типу ВВЕР (понад 30 років) пріоритетне значення займають питання продовження експлуатації обладнання, елементів обладнання систем, важливих для безпеки, які по технічним причинам є незамінними і не відновлюваними або заміна такого обладнання, елементів не є економічно доцільним.

Саме до таких елементів обладнання ядерних установок відноситься корпус реакторної установки (КР). Багаточисельні результати досліджень в області продовження і управління назначеним терміном служби (НТС) КР показали, що заміна КР ВВЕР являється дуже складною технічною задачею і економічно не виправдана. По цій причині фактичний залишковий ресурс КР у великій мірі визначає можливість продовження НТС всього енергоблоку АЕС, а необхідною вимогою до КР є збереження цілісності при будь-яких умовах експлуатації.

Тому, ключовим питанням оцінки технічного стану КР є організацію і впровадження експлуатаційного контролю:

1. Цілісності КР і зварних з'єднань;
2. Деградації і старіння металу КР і зварних з'єднань;
3. Зміна властивостей міцності і фізико-хімічних властивостей металу КР і зварних з'єднань;
4. Виявлення і заміри дефектів;
5. Вплив термічних, динамічних і радіаційних навантажень на КР і зварних з'єднань.

Ціллю науково-технічного супроводження експлуатації КР і внутрішньо корпусних пристроїв в над проектний термін є:

1. Супроводження програми управління старінням
2. Збір матеріалів для переоцінки безпеки енергоблоку і обґрунтування повторного перепризначення терміну експлуатації (за рахунок використання таких операцій як «сухий» відпал реактора).

Перелік посилань:

1. Буканов В.Н., Васильева Е.Г., Вишневикий И.Н. и др. Мониторирование радиационной нагрузки корпуса ядерного реактора как составная часть службы оборудования энергоблока АЭС. // ЯРБ. – 2005. - № 2.
2. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок ПНАЭ Г-7-002-86.- М.: Энергоатомиздат, 1989. – 525 с.
3. Карзов Г.П. Методические работы по обоснованию ресурса корпуса реактора при эксплуатации // Итоги выполнения программы НИОКР и плана мероприятий «Росэнергоатом» по обеспечению ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности АЭС в 1999г. – М., 2000.
4. Kossilov A. IAEA Co-ordinated Research Programme on Management of Ageing of Motor Operated Isolating Valves // Proceeding of the Joint Specialist Meeting on Motor Operated Valve Issues in Nuclear Power Plants. – Paris, France, April 25-27, 1994. – P. 369-383.

АНАЛІЗ БЕЗПЕКИ ПРИ САМОХОДІ КЕРУЮЧИХ ГРУП ОР СУЗ ВВЕР-1000 В РЕЖИМІ ДОБОВОГО МАНЕВРУВАННЯ ПОТУЖНОСТІ

Результати дослідної експлуатації 2-го енергоблоку Хмельницької АЕС в режимі добового маневрування потужності підтверджують можливість реалізації такого режиму роботи на енергоблоках АЕС з серійними ВВЕР-1000 проекту В-320. Однак, даний режим експлуатації характеризується певними негативними аспектами, що можуть спричинити виникнення додаткових порушень нормальних умов експлуатації АЕС в порівнянні з переліком, що традиційно розглядаються при аналізі безпеки. Для кожного такого порушення має бути виконаний розрахунковий аналіз, який підтвердить відсутність порушення проектних меж безпечної експлуатації енергоблоку.

Управління реактором ВВЕР-1000 в режимі добового маневрування потужністю передбачає активне застосування, як механічної системи регулювання потужності, так і системи борного регулювання. Результати дослідної експлуатації свідчать про доцільність одночасного введення позитивної реактивності двома засобами впливу на реактивність [1] з метою оптимізації виконання маневрування потужністю, що не допускається на даний момент, згідно з [2].

Дана робота полягає у проведенні розрахункового моделювання аварійного сценарію пов'язаного з самоходом керуючих груп ОР СУЗ одночасно зі зменшенням концентрації розчину борної кислоти в першому контурі, з метою перевірки дотримання критеріїв прийнятності для параметрів теплотехнічної надійності роботи ТВЕЛ та безпеки впровадження маневреного режиму на енергоблоках АЕС з ВВЕР-1000.

Результати розрахункового аналізу, щодо виконання критеріїв прийнятності приведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Критерії прийнятності для різних режимів експлуатації.

Режим роботи	Параметр	Критерій прийнятності	
	DNBR min	$T_{об\ ТВЕЛ\ max, \text{ }^\circ\text{C}}$	$T_{UO_2\ max, \text{ }^\circ\text{C}}$
Нормальна експлуатація	2,53	351,8	1199,5
Самохід 3-х керуючих груп	<1	899,6	2176,4
Самохід 3-х керуючих груп+↓Cb	<1	904,8	2178,9
Самохід 8 групи	<1	789,0	1888,8
Самохід 8 групи+↓Cb	<1	802,1	1927,2
Самохід 9 групи	<1	909,0	2243,4
Самохід 9 групи+↓Cb	<1	928,6	2285,9
Самохід 10 групи	<1	823,1	2024,5
Самохід 10 групи+↓Cb	<1	858,9	2070,5

З результатів видно, що у розглянутих аварійних режимах критерії прийнятності по максимальній температурі оболонки ТВЕЛ (1200°C) та максимальній температурі палива (2840°C для свіжого і 2570°C для вигорілого) не порушуються, що підтверджує безпеку впровадження маневреного режиму, навіть в умовах виконання маневру потужності з одночасним введенням позитивної реактивності двома засобами впливу на реактивність.

Перелік посилань:

1. Технічне рішення №2.ЯБ.0223.ТР-НМ «О работе энергоблока №2 ОП ХАЭС с отступлением от требований п.3.3.42 НП 306.2.145-2008 при проведении 2-го этапа опытной эксплуатации режима СРМ».
2. НП 306.2.145-2008 "Правила ядерної безпеки реакторних установок атомних станцій з реакторами з водою під тиском"

ГЕРМЕТИЗАЦІЯ ОБОЛОНОК ТВЕЛ ПІД ЧАС ЗАВАНТАЖЕННЯ ТА ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ЯДЕРНОГО ПАЛИВА

Серед проблем, які стоять сьогодні в сфері ядерної енергетики, відмічається проблема підвищення ефективного та безпечного використання ядерного палива.

На сьогоднішній день, для найбільш ефективного використання ТВЗ в умовах роботи АЕС використовують різні способи герметизації оболонок ТВЕЛів під час завантаження та перевантаження палива.

Дослідження з відпрацьованим ядерним паливом показали, що наряду з Хе та Кг настільки ж легко виходять з матриці діоксиду цезію, йоду та телуру[1]. Під час лабораторних досліджень отримані значення газовиділення значно перевищуючі очікувані при підвищеній дифузії. Вигорання в тонкому зовнішньому шарі має великі значення (± 100 МВт·добу/кг) і це призводить до зміни властивостей зовнішнього шару. Вигорання палива в кінці роботи ТВЕЛ призводить до створення проміжного середовища між паливом та оболонкою, властивості цього середовища можуть значно впливати на роботу ТВЕЛ. Одним з визначаючих компонентів, створюючих високий рівень опромінення від обладнання першого контуру є продукти ділення ядерного палива, які потрапляють в теплоносій внаслідок розгерметизації ТВЕЛ. При появі в активній зоні реактора негерметичних ТВЕЛ збільшується сумарна активність викидів через систему спецгазоочистки через вентиляційну трубу енергоблоку, в тому числі радіоактивних ізотопів, що може викликати перевищення контрольно допустимих рівнів радіаційного впливу на оточуюче середовище. Внаслідок цього, для недопущення встановлення ТВЗ з негерметичними ТВЕЛами в активну зону реактора, на зупиненій реакторній установці проводиться контроль герметичності оболонок ТВЕЛів ТВЗ[2].

Тому, для підвищення експлуатаційних норм герметизація ТВЕЛ є перспективним напрямком в атомній енергетиці і дана робота є актуальною.

Перелік посилань:

1. Горский В.В. Роль неразрушающего контроля в решении проблемы повышения выгорания ядерного топлива в реакторах PWR и BWR // Атомная энергетика за рубежом.- 1993. -№1. С. 11-19.
2. Бибиашвили Ю.К., Некрасов Г.А., Сусанов Г.И. Влияние внутритвельных физико-химических процессов на работоспособность твэлов энергетических реакторов // Атомная энергетика за рубежом.- 1989 . -№1. С. 3-7.

Студентка 3 курсу, гр. ТЯ-61 Паламарчук М.М.
Доц., к.ф.-м.н. Лещенко Б.Ю.

КЕРОВАНІЙ ТЕРМОЯДЕРНИЙ СИНТЕЗ ТА ФІЗИКА ПЛАЗМИ

Керований термоядерний синтез є мрією фізиків по-всьому світу вже майже 70 років. Все почалось в середині ХХ століття після успішного вибуху термоядерної (водневої) бомби. З того часу активно ведуться дослідження контрольованого термоядерного синтезу та спроби побудувати термоядерний реактор.

Розвиток термоядерного синтезу – перспективна галузь, так як вирішення проблем, пов'язаних з ним стане ключем до енергетичної незалежності людства і переходу на зовсім інший рівень промисловості. Але це досить важкий проект, тому що вчені зіштовхнулися з великою кількістю проблем, пов'язаних з досягненням високої температури дейтерій – тритієвої плазми та великої її концентрації. Тому для того, щоб енерговиділення термоядерного реактора переважало затрачену енергію повинен виконуватися критерій Лоусона ($T=10^8$ °С, $n\tau=10^{14}$ см⁻³·с).

В даній роботі розглянуто напрями досліджень пов'язані з утриманням в обмеженому об'ємі плазми, розігрітої до надвисоких температур при великих концентраціях. Загалом, є два підходи до вирішення проблеми. Перший – полягає в надшвидкому імпульсному нагріві конденсованого термоядерного палива до дуже високих температур за такий короткий проміжок часу, щоб речовина мішені, що випаровується, не встигла розлетітися з об'єму (покинути об'єм), що нагрівається. Такий імпульсний нагрів можна здійснити за допомогою надпотужних лазерів або електронних пучків. Другий – принцип довготривалого утримання щільної високотемпературної плазми в заданому об'ємі в умовах доброї теплоізоляції за допомогою магнітного поля [1].

На даний момент, найперспективнішим варіантом конструкції термоядерного реактора є токамак - тороїдальна камера з магнітними котушками. Магніти створюють всередині камери дуже сильне магнітне поле, яке утримує гарячу плазму і таким чином забезпечує умови, необхідні для протікання керованого термоядерного синтезу. Таким способом в 1963 році групі фізиків Інституту атомної енергії імені І. В. Курчатова (Москва) вдалося отримати досить гарячу плазму ($T=4\cdot 10^7$ °С) і велику щільність ($n=10^{10}$ см⁻³). На сьогодні в міжнародному проекті ITER досягнуто таких результатів: $T=8$ кеВ, $n=10^{20}$ см⁻³, $\tau=3,7$ с.

Ще одним перспективним варіантом є стеларатор. У стелараторі магнітні поверхні, які утримують плазму в стані рівноваги, створюються складною системою зовнішніх провідників на вакуумній камері (всередині якої і знаходиться паливо), через що кінцева форма плазмового шнура далека від ідеальної тороїдальної форми. Основна відмінність, що токамак може працювати виключно в імпульсному режимі без допоміжних приладів, тоді як стеларатор здатний протягом тривалого часу працювати в безперервному режимі [2].

Перелік посилань:

1. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: Учеб. для вузов. В 2 кн. Кн. 1 Физика атомного ядра. Ч. II. Ядерные взаимодействия. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1993. 320с.
2. Шафранов В.Д. Первый период истории термоядерных исследований в Курчатевском институте, УФН 171 877, 2013

МЕТОДИКА ПЕРЕРОБКИ ОПРОМІНЕНОГО ГРАФІТУ З МЕТОЮ ПОДАЛЬШОГО ЗАХОРОНЕННЯ

Питання зняття з експлуатації реакторних установок з промисловими уран-графітовими реакторами (ПУГР) являє собою комплекс проблем, пов'язаних з необхідністю вибору оптимальних способів и методів поводження з накопиченими радіоактивними відходами.

Опромінений графіт відноситься до категорії невикористовуваних радіоактивних відходів, так як після тривалого перебування під опроміненням цей матеріал набуває властивостей, які роблять неможливим його подальше застосування.

Розглядаються три базових варіанти виведення с експлуатації ПУГР та майданчика його розміщення:

1. Ліквідація (термін витримки – десятки років).
2. Довготривале зберігання (гарантований термін безпечного зберігання - не менше 100 років).
3. Поховання без наміру ліквідації.

Базовий варіант виведення з експлуатації вибирається з урахуванням локальних умов майданчиків розміщення ПУГР, зокрема гірничо-геологічних умов.

На сьогоднішній день, розглядають також різні способи спалювання графіту: традиційне спалювання, спалювання в киплячому шарі, спалювання за допомогою газового лазера, газифікація графіту за допомогою перегрітої водяної пари(піроліз). Однак цей спосіб, як і інші, що засновані на методі спалювання, не позбавлений одного істотного недоліку - в процесі будь-якого спалювання утворюються газоподібні продукти радіовуглецю.

Також була розглянута практична можливість розміщення графіту в сховище твердих відходів із застосуванням текучих глинистих розчинів. При такому варіанті виключається можливий вихід радіонуклідів за межі бетонних конструкцій, як у вигляді газів, так і в формах розчинених іонів. Консервація в геологічному середовищі даними способом екологічно безпечна, і економічно прийнятна. Шляхом проведення математичного моделювання даного процесу на основі глин з родовищ Томської області дозволили зробити висновок, що дані сполуки не змінюють фізичні властивості протягом декількох сотень років і володіють високою адсорбційною здатністю по відношенню до радіонуклідів. Відкритим залишається питання поглинання цих глин. Після його рішення буде здійснено остаточний підбір консерванту для сховищ графіту спільно з іншими відходами.

Перелік посилань:

1. Цыганов А.А., Хвостов В.И., Комаров Е.А. Проблемы утилизации реакторного графита остановленных уран-графитовых реакторов // – Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 310. – № 2. – С. 94-98.
2. Куликов И.Д., Сафутин В.Д., Симановский В.М. Вывод из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов // – Атомная энергия. – 1999. – Т. 87. – № 2. – С. 118–126
3. Буланенко В.И., Фролов В.В., Николаев А.Г. Радиационные характеристики графита снятых с эксплуатации уранграфитовых реакторов // Атомная энергия. – 1996. – Т. 81. – № 4. – С. 304–306.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАПОБІГАННЯ НАКОПИЧЕННЯ ВОДНЮ НА РУ З ВВЕР

Однією з особливостей АЕС з реактором типу ВВЕР є можливість виникнення умов накопичення водню. Особливо актуальною зазначена проблема є у разі виникнення аварій на реакторних установках зазначеного типу пов'язаних із перегрівом палива в активній зоні. Яскравим прикладом цього була аварія на АЕС Три-Майл-Айленд у США у 1979 році. Аварія на АЕС Фукусіма-1 [1] в Японії у 2011 році показала, що проблеми виникнення та запобігання накопичення водню були охоплені не в повній мірі в існуючих проектах АЕС.

Таким чином, належна оцінка можливого протікання аварій з утворенням водню у проекті АЕС із визначенням ефективних стратегій реагування на небезпеку водневого вибуху є важливим фактором у забезпеченні належного рівня безпеки АЕС.

Розробка ефективних стратегій із запобігання накопичення небезпечних концентрацій водню в ГО потребує розгляду та врахування можливих причин його утворення [2], зокрема:

- радіоліз води;
- окислення цирконію або карбїду бора, що використовується як поглинач нейтронів з парою або водою, що мітиться в копусі реактора;
- окислення металевого матеріалу (Zr, Cr, Fe та ін.) під час прямого нагрівання активної зони;
- інші менш значні джерела утворення водню (СО ефект);
- декомпозиція бетону (в результаті взаємодії коріуму з ним).

Метою роботи є аналіз особливостей підходів із запобігання накопичення небезпечних концентрацій водню з урахуванням основних механізмів його утворення, наявних технічних засобів, а також визначення найбільш ефективних комбінацій стратегій.

Перелік посилань:

1. Международное агенство по атомной энергии. Авария на АЭС «Фукусима-дайти». Доклад Генерального директора. / Режим доступа до файлу : <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/SupplementaryMaterials/P1710/Languages/Russian.pdf>
2. Mitigation of Hydrogen Hazards in Severe Accidents in Nuclear Power Plants/ Режим доступа до файлу : https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE_1661_Web.pdf

ANALYSIS OF EXISTING MATHEMATICAL METHODS TO BUILD MODELS OF SEVERE ACCIDENTS ON NPP WITH PWR.

Introduction. Since during operation of the reactor in the active zone, accumulation and formation of radioactive elements occur, it is necessary to ensure high reliability of operation of the reactor unit in order to exclude the possibility of the release of these radioactive elements into the environment even in the case of individual disruptions in equipment operation.

Objectives. Outline the essence of the current methods of analyzing the course of severe accidents. The flow of not all disturbances can be carried out by the NPPs mode of operation, as a consequence of the high cost and safety conditions. Therefore, modeling and research of such violations is possible only with the help of mathematical methods [1]. The mathematical model should be generally enough to cover necessary classes of regimes arising from postulated emergencies, but at the same time as adequate real system to ensure a high degree of reliability and credibility computational analysis of flowing processes.

Methods. The method of mathematical modeling of thermophysical and nuclear-physical transient processes in violation of the work of NPPs [2]. The method of modeling the processes of hydrodynamics in the primary circuit of the reactor installation with violations that do not lead to loss of coolant. Application of Lagrange variables for solving the differential equation of energy of a single-phase, incompressible coolant. Simulation of the reactor installation control system [3]. A simulation method that includes the possibility of the occurrence of unlikely events (including steam explosions).

Results. The analysis of existing mathematical methods for modeling heavy accidents at nuclear power plants, the comparison of the results of these methods with experimental data was carried out.

Conclusion. The possibilities of mathematical modeling are much broader than the possibilities of experimental methods. Mathematical modeling transients necessary for the proper and safe operation of the NPPs. Restrictions on these methods impose a series of assumptions, improving and fitting them to experimental values depend on the improvement of computer technology.

List of links:

1. A. M. Bukrinsky(1982). Emergency transients at nuclear power plants with PWR.
2. V. I. Skalozubov, I. L. Kozlov, A. A. Hudima (2015). Modeling Conditions for Steam-Gas Explosions during Severe Accidents at WWER NPPs
3. Yu.N.Kuznetsov. Heat exchange in the problem safety nuclear reactors.

МЕТОДИКА КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ ПОРУШЕНЬ В РОБОТІ АЕС

Аналіз порушень у роботі енергоблоків є важливою частиною процесу врахування досвіду експлуатації направленою на підтримання безпеки АЕС на належному рівні.

При цьому, відповідно до вимог документа НП.306.2.141-2008 "Загальні положення безпеки атомних станцій" [1], особлива увага повинна приділятися: порушенням, які можуть призвести до аварії (див. 10.5.3 НП.306.2.141-2008); аналізу функціональної достатності і надійності систем та елементів, впливу зовнішніх і внутрішніх подій, відмов обладнання та помилок персоналу на безпеку, достатності й ефективності технічних та організаційних заходів, що спрямовані на запобігання й ліквідацію проектних і обмеження наслідків заprojektних аварій (див. 6.4.2 НП.306.2.141-2008). Методологія зазначених аналізів повинна базуватися як на детерміністичних, так і на імовірнісних підходах (див. 6.4.3 НП.306.2.141-2008).

На сьогоднішній день у світі накопичився значний досвід використання імовірнісного методу аналізу впливу експлуатаційних подій на безпеку [2].

На цей час, для енергоблоків АЕС України розроблено детальні імовірнісні моделі, що дозволяє проаналізувати широкий спектр відмов, які можуть виникнути при порушеннях, без необхідності внесення значних змін в імовірнісні моделі.

Використання зазначеного методу відбувається шляхом врахування в імовірнісній моделі відмов, що відбулися в ході порушення, дозволяє оцінити зміну величини умовної імовірності пошкодження активної зони (УПАЗ), визначити та ранжувати аварійні послідовності, які з найбільшою імовірністю можуть призвести до важкої аварії, виявити відмови, вплив яких на УПАЗ найбільший, та визначити стани реакторної установки, за яких виникнення порушення буде мати найбільшу імовірність негативного впливу на рівень безпеки енергоблоку.

Зрештою, впровадження методу подій-попередників, оснований на імовірнісному підході, дозволить розширити арсенал наявних інженерних та детерміністичних методів оцінки порушень.

У роботі представлено досвід використання імовірнісного методу аналізу, проведено оцінку існуючих підходів та визначено найбільш оптимальний для енергоблоків АЕС України з урахуванням особливостей існуючих імовірнісних моделей та національної нормативної бази.

Перелік посилань:

1. Загальні положення безпеки атомних станцій. НП.306.2.141-2008, затверджені наказом Державного комітету ядерного регулювання України від 19.11.2007 р. №162, зареєстровані в Мін'юсті України 25.01.2008 р. за №56/14747.

2. IAEA-TECDOC-1417. Precursor analyses. The use of deterministic and PSA based methods in the event investigation process at nuclear power plants. – Vienna : International Atomic Energy Agency. 2004. – 54 p. ISBN 92-0-111604-7.

АНАЛІЗ СТАНУ ТРУБОПРОВІДІВ ПЕРШОГО КОНТУРУ ДЛЯ ЕНЕРГОБЛОКІВ ВП"ЗАЕС" З МЕТОЮ ПРОДОВЖЕННЯ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Трубопроводи на АЕС займають одне з центральних місць у проблемі безпеки та ресурсу експлуатації енергоблоку з таких причин:

- вони мають найбільший вплив на ядерну безпеку АЕС;
- є найчисленнішою групою конструкцій енергоблоку;
- вони піддаються впливу пружних деформацій, що впливає на показники їх міцності, а це створює велику загрозу з точки зору не тільки ядерної, але і технічної безпеки;

- їх заміна пов'язана, як правило, з великими капітальними затратами.

Об'єктом даного дослідження є технічний стан трубопроводів першого контуру.

Предметом дослідження є вплив характеристик і стану трубопроводів першого контуру після їх довготривалої експлуатації на можливість продовження строку їх експлуатації на енергоблоках.

Дане дослідження проводиться з метою дослідити вплив процесів старіння матеріалів, з яких виготовлені трубопроводи, та оцінити можливість їх подальшої експлуатації.

Питання аналізу стану матеріалів трубопроводів не перестає бути актуальним на сьогоднішній день тому, що процеси старіння металу є неминучим при довготривалій експлуатації обладнання АЕС. Для Запорізької АЕС дане питання також має вагомe значення, так-як її енергоблоки експлуатуються вже понад тридцять років.

Тому для проведення аналізу планується керуватися досвідом проведення аналогічних дослідів на майданчику Хмельницької АЕС, з подальшим моделюванням певних груп або окремих трубопроводів у 3D-CAD програмних пакетах з модулями які дозволять провести розрахунки на міцність, на циклічну втому, сейсмостійкість та ін.

Результати аналізу дадуть змогу оцінити готовність блоків ЗАЕС до подальшого продовження їх терміну експлуатації.

Перелік посилань:

1. Р 443 Аркадов Г.В., Гетман А.Ф., Маловик К.Н., Смирнов С.Б. Ресурс и надёжность оборудования и трубопроводов АЭС: учебн. пособие. - Севастополь: СНУЯЭиП, 2012. – 348с.
2. Основные положения по обеспечению безопасности АЭС. ОПБ88/97.
3. Гетман А.Ф. Ресурс эксплуатации сосудов и трубопроводов АЭС/Энергоатомиздат, 2000. -427с.

УДК 621.039.743

Студент 5 курсу, гр. ТЯ-81 м.п. Яцюк О.А.
Асист. Остапенко І.А.

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ГІПОТЕТИЧНОЇ ЯДЕРНОЇ УСТАНОВКИ І СИСТЕМ ФІЗИЧНОГО ЗАХИСТУ

У зв'язку зі зростанням активності терористичних угруповань в світі виникає підвищена загроза світової безпеки. Одним з найстрашніших сценаріїв на сьогоднішній день є застосування терористами ядерного вибухового пристрою. Диверсія на ядерному об'єкті так само може спричинити катастрофічні наслідки міжнародного і навіть глобального масштабу. У зв'язку з цим, виникає необхідність в створенні систематичного підходу до розробки нових систем фізичного захисту, а також підготовці висококваліфікованих фахівців, здатних зорієнтуватися в ситуації і виконати поставлені завдання.

Оскільки ефективна розробка і створення такої універсальної системи неможливі в реальних умовах без попередньої практичної і теоретичної підготовки, виникає необхідність у створенні навчального програмного середовища і наочного освітнього макета, який демонструє систему безпеки ядерного об'єкта.

У травні 2017 року Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ) пілотувало перше використання свого нового інтерактивного проекту - тривимірну (3D) модель для підвищення реалізму та підтримки розвитку навичок і навчання осіб, які потребують цього[1].

Фахівці МАГАТЕ використовують гіпотетичний дослідницький реактор, названий «Шапаш». Вся інформація про «Шапаш» є вигаданою, що дозволяє учасникам детально обговорювати заходи безпеки без розкриття конфіденційної інформації про реальні об'єкти. В документації надається письмовий опис об'єкту, макет приміщення, плани будівлі, заходи безпеки[2].

Таким чином, виникає необхідність у створенні власної гіпотетичної установки, яка буде базуватись на загальних відомостях про енергоблоки, що експлуатуються в Україні та розглядаються як можливі для введення в експлуатацію в подальшому майбутньому. З огляду на це, було обрано варіант про створення гіпотетичної ядерної установки, яка включатиме в себе реактори ВВЕР-1000, ВВЕР-440, 2 реактори SMR-160.

Основна увага приділятиметься реакторам типу ВВЕР. Кліматичні характеристики приймаються середнім показником по Україні за останні 50 років. Гіпотетичний об'єкт включатиме в себе ряд приміщень, а саме: головний корпус, сховище слабоактивних відходів, блочна насосна станція, дизельгенераторна, хімводоочистка, будівля баків СРВ (сховища рідких відходів), ВРП-330 кВ і 750кВ, водосховище, центральний диспетчерський пункт та інші.

Майбутній продукт може використовуватися в навчальних цілях, як для вищих навчальних закладів України, так і безпосередньо в учбово-навчальних центрах атомних станцій.

Оскільки підвищення професійності підготовки - це процес, який постійно потрібно покращувати, то дана робота є актуальною і затребуваною для навчання.

Перелік посилань:

1. A. Askin, G. White - «IAEA Interactive Training Tool: Shapash Nuclear Research» *International Conference on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities Institute 3D Model*» Vienna, Austria, 2017

2. Larsen, Robert K. - «*Hypothetical Facility Data Book: The Shapash Nuclear Research Institute (SNRI)*», 2013

ПРОБЛЕМАТИКА ПРОЦЕСІВ ДЕГРАДАЦІЇ ГЕОМЕТРІЇ ВИГОРОДКИ ВВЕР-1000 ПРИ РОБОТІ АЕС У ПОНАД ПРОЕКТНИЙ ТЕРМІН

Для більшості енергоблоків України з реакторами ВВЕР-1000 на сьогодні розрахунково обґрунтовано і, відповідно, погоджено можливість їх подальшої роботи протягом 10 років у понад проектний термін експлуатації (ППТЕ). Як відомо, внутрішньокорпусні пристрої РУ, виготовлені із аустенітної сталі типу Х18Н10Т, експлуатуються в інтервалі робочих температур 290–320⁰С та піддаються впливу інтенсивного нейтронного випромінювання (накопичена доза для металу вигородки сягає більше 40-50 сна). За таких умов проявляється явище радіаційного розпухання, що призводить до прогресуючої формозміни металу вигородки та являється основним обмежуючим фактором роботи РУ.

Не зважаючи на те, що проведені в ході першого циклу розрахункових обґрунтувань можливості роботи у ППТЕ оцінки величини об'ємного розпухання металу вигородки вказують на не перевищення критеріальних значень, при яких відбуваються мікроструктурні перетворення і окрихчування металу, вони водночас прогнозують зміни геометрії зазорів між елементами ВКП (ТВЗ-вигородка, вигородка-ШВК) із контактом і частковим перекриттям другого, а також появу не передбачених проектом перетоків теплоносія між кільцями вигородки. Оцінка впливу таких змін на теплогідравлічні процеси в РУ, а саме на надійність тепловідведення від металу вигородки є одним з ключових питань на етапі управління старінням та матиме визначальну роль при перегляді терміну продовження експлуатації. Тому, розробляється методика розрахунково – аналітичних досліджень та обґрунтування збереження надійності тепловідводу від вигородки за наступною схемою (попередні розробки за суміжною задачею представлені в [1]):

ПРОЦЕДУРА ОБґРУНТУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕПЛОВІДВОДУ ВІД МЕТАЛУ ВИГОРОДКИ ПРИ ДЕГРАДАЦІЇ ЇЇ ГЕОМЕТРІЇ (КОНТАКТ В-Ш)

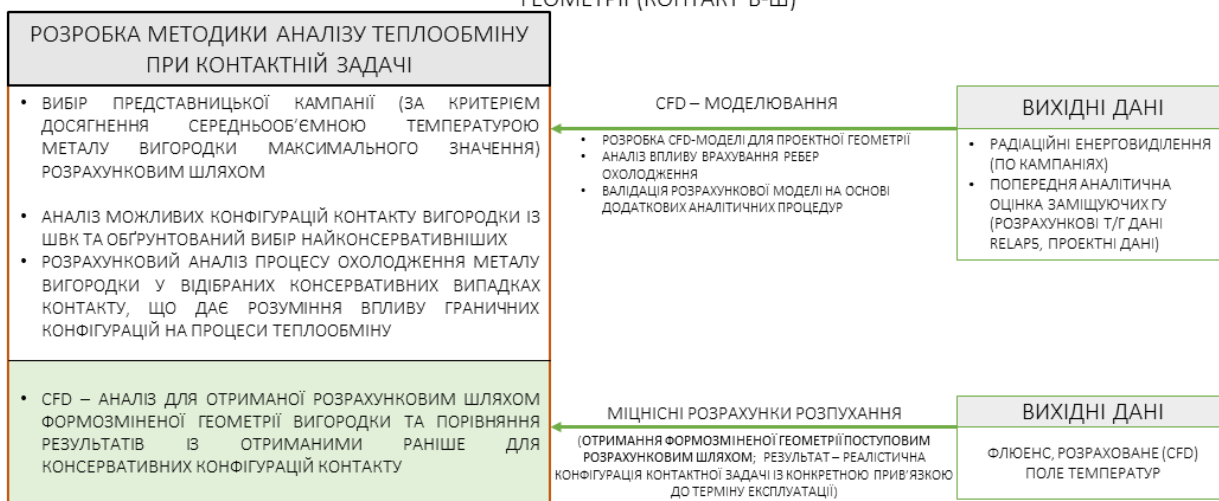


Рис. 1 – Схематичне відображення запропонованої комплексної розрахунково-аналітичної процедури

Перелік посилань:

1. Filonova Y., Reactor baffle cooling CFD framework for swelling assessment / Y. Filonova, V. Filonov, Y. Dubyk // Proceedings of the 2018 26th International Conference on Nuclear Engineering ICONE26-82365. – July 22-26, 2018, London, England. – 10 p.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ДИСКРЕТИЗАЦИИ CFD-МОДЕЛИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Применение вычислительной гидродинамики к задачам проектирования, оптимизации, а также анализа различных переходных процессов в проточной части лопастного насосного агрегата требует существенных вычислительных ресурсов. Если в случае анализа стационарной, условно говоря, точечной картины эта проблема второстепенна, то для переходных процессов задача оптимизации расчетной модели, с целью уменьшения фактического времени расчета есть весьма актуальной. Наиболее актуальная эта проблема для тех расчетных моделей, в которых характерный геометрический размер рабочего колеса на два и более порядков превосходит характерную геометрическую величину пограничного слоя на лопатке (например, для модели ГЦН – 195М, это отношение равно ~ 510).

В зависимости от используемой концепции описания пристеночного течения моделью турбулентности, необходимо оценить характеристики дискретного аналога пограничного слоя ориентируясь на наперед заданное значение y^+ . Сделать это можно следующим способом. Оценку дискретизации пристеночного слоя можно получить аналитическими методами [1], которые базируются на теории пограничного слоя, а также на опыте моделирования различных лопастных машин. Например, опыт разработки и применения расчетной CFD модели ГЦН-195М для анализа начальной динамики аварийных процессов [2] свидетельствует о том, что общее разбиение жидкостного пространства рабочего колеса во многом определяется характеристикой дискретизации пограничного слоя, а также требованием на степень роста линейного размера контрольного объема.

В данной работе, предложен один из способов уменьшения дискретизации, который основанный на «перемасштабировании» расчетной модели насоса и базируется на теории подобия насосостроения. Основная идея заключается в том, что толщина пограничного слоя практически не меняется в силу того, что $Re = idem$, в то время как общий характерный размер рабочего колеса уменьшается согласно выбранному масштабному множителю. Это приводит к тому, что при общих требованиях к разбиению пограничного слоя, необходимое количество контрольных объемов для описания геометрии рабочего колеса существенно уменьшается.

На основе предложенной концепции проведен анализ применения данного подхода для прогнозирования напорной характеристики модельного центробежного рабочего колеса (спроектированного с помощью VPC), а также его масштабированного аналога. Данный подход был апробирован на расчетной модели ГЦН-195М [3] для анализа начальной динамики аварийных процессов.

Перелік посилань:

1. Пугачев П.В., Расчет вязкого течения в лопастных гидромашинах с использованием пакета ANSYS CFX / П.В. Пугачев, Д.Г. Свобода, А.А. Жарковский, - Издательство Политехнического университета, Санкт –Петербург, 2016 г, 120 с.
2. Філонов В.В., Оцінка НДС елементів ГЦН-195М при початковій динаміці перехідного процесу заклинювання валу/МПА/ В.В. Філонов, Я.Р. Дубик, К.М. Лук'яненко//МНПК «Безпека та ефективність атомної енергетики», 2018

АНАЛІЗ РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОТИАВАРІЙНИХ ПРОЦЕДУР ДЛЯ АЕС З ВВЕР

Сучасний стан енергоблоків АЕС базується та забезпечується взаємодією трьох елементів: рівнів безпеки, бар'єрів безпеки та заходів, спрямованих на забезпечення безпеки. Актуальність завдань поставлених в процесі розробки протиаварійних процедур (ПП), впливає з необхідності забезпечення і підтвердження безпечної експлуатації АЕС з реакторами ВВЕР в нормальних та аварійних режимах.

В процесі розрахунково-аналітичного обґрунтування ПП, проводиться перевірка і підтвердження розрахунковим способом ходу протікання аварійного процесу, охопленого конкретної ПП, або групою зв'язкових процедур, та визначення оптимальної стратегії дій оперативного персоналу, щодо забезпечення безпеки енергоблоку при виникненні аварійних ситуацій. Також визначається послідовність необхідних покрокових дій оператора для зменшення наслідків аварійних процесів і відновлення функцій безпеки. Підтверджується можливість виконання рекомендованих технологічних операцій, вказівки, які конкретно технологічні системи й устаткування повинні для цього використовуватися, які параметри РУ, і які вимірювальні прилади повинен контролювати оператор при виконанні дій за інструкцією.

Таким чином, у всіх досліджених аварійних ситуаціях і режимах, які охоплюються комплектом ПП підтверджується, що забезпечується (системами безпеки самостійно або системами безпеки і їх підтримкою оперативним персоналом) перевід реакторної установки в кінцевий безпечний стан, і виконується забезпечення основних функцій безпеки.

Розробка ПП і виконання їх розрахунково-аналітичних обґрунтувань, і впровадження на АЕС є пріоритетним завданням в галузі забезпечення і підтвердження безпечної експлуатації АЕС в нормальних та аварійних режимах, тому робота у даному напрямку є актуальною, і їй приділяється велика увага. Підтвердженням цьому є те, що в НАЕК "Енергоатом" для АЕС з ВВЕР розроблені і впроваджені симптомно-орієнтовані комплекти протиаварійних інструкцій, які забезпечують систематизований підхід для:

- визначення симптомів аварійного процесу і оптимального відновлення кінцевого, безпечного стану РУ, в якому вихід радіоактивності і пошкодження обладнання зведені до мінімуму;
- точної ідентифікації стану критичних функцій безпеки, незалежно від послідовності подій;
- відновлення нормального стану критичних функцій безпеки, незалежно від послідовності подій.

Впровадження на енергоблоках АЕС симптомно-орієнтованих протиаварійних інструкцій дозволяє підвищити рівень ядерної та радіаційної безпеки, а також забезпечити відповідність енергоблоків сучасним світовим вимогам з ядерної безпеки.

Перелік посилань:

1. Керівництво по аналітичному обґрунтуванню симптомно-орієнтованих аварійних інструкцій, РК-Д.0.03.385-06, 2006 р.
2. Основні принципи розробки та впровадження симптомно-орієнтованих інструкцій на енергоблоках АЕС України з реакторами типу ВВЕР. РК-Д.0.03.150-05.

ВІБРОШУМОВА ДІАГНОСТИКА РЕАКТОРА ВВЕР

Сучасні концепції безпечної експлуатації атомних станцій базуються на широкому впровадженні систем раннього діагностування. Комплекс таких систем, об'єднаний єдиною ідеологією оперативного діагностування, що взаємодіє з системами контролю та керування реакторною установкою дозволяє забезпечити глибину діагностування та відповідає сучасним вимогам безпечної експлуатації АЕС.

На сьогоднішній день, накопичені суттєві експериментальні матеріали за результатами віброшумової діагностики ТВЗ і ВКО по реакторних установках ВВЕР. Найбільш обширні і систематизовані вібраційні дослідження проведені на стендах організації Головного конструктора ВВЕР[1], починаючи з спрощених методичних моделей масштабу 1:40 до повномасштабних моделей і елементів натурального обладнання.

Окремим і важливим завданням стендових випробовувань є визначення вібраційних характеристик обладнання при найбільш ймовірних непроектованих станах, підвищених гідродинамічних навантаженнях на елементи обладнання та змін умов силової взаємодії при тривалій експлуатації.

Результати робіт цього напрямку[2] покращили процес діагностування обладнання для його подальшої експлуатації. За результатами проведених стендових 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, в першу чергу, геометрією проточної частини, а також температурою і густиною теплоносія;

- пульсації тиску від роботи циркуляційних насосів, частоти яких визначаються їх зворотніми характеристиками.

Важливо зазначити, що отримані натурні дані використовуються не тільки для вирішення завдань по конкретному обладнанню (наприклад, в 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 водяных энергетических реакторов на этапах проектирования, ввода в действие, назначенного и продленного сроков эксплуатации”, 2007 г.

УДК 621.039.58

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-51 Ткач О.С.

Асист. Федоров Д.О.

СПРИНКЛЕРНА СИСТЕМА ПАСИВНОГО ТИПУ ДЛЯ РЕАКТОРНОЇ УСТАНОВКИ ВВЕР-1000

Спринклерні системи охолодження герметичної оболонки (ГО) АЕС призначені для зниження температури і тиску водяної пари, який може надходити в приміщення реакторного відділення АЕС при розгерметизації різного устаткування (трубопроводів, парогенераторів та т. д.). Для забезпечення ефективного охолодження в пар вводять холодну воду в формі крапель, які виробляють форсунки, розміщені всередині приміщення. В результаті відбувається швидка конденсація пара на краплях. Важливими функціями спринклерної системи являються збір рухомих радіоактивних субстанцій та їх фіксація в воді, для цього у воду додають спеціальні реагенти. В існуючих системах зі спеціальними насосами.

В роботі [1] представлена спринклерна система пасивного типу, що не вимагає електроживлення, й пропонується подача живильної води з бака за рахунок гідростатичного напору. Прийнятна величина гідростатичного напору 5 м може бути обрана за умови застосування щілинної або вихровий форсунки з тиском нагнітання більше 0.05 МПа. Бак з рідиною потрібно встановити на 5 м вище колектора з форсунками.

Схема запропонованого пристрою, представлена на рис. 1. Бак з запасом рідини встановлений у верхній півсфері частини ГО. Бак оснащений клапаном вирівнювачем і живильною трубою з арматурою, з'єднаної з колектором спринклерної системи. Об'єми ГО і бака з'єднуються за допомогою клапана та через живильну трубу з арматурою.

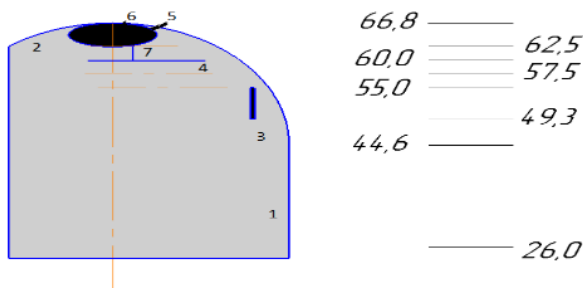


Рис.1. Схема підкупольного простору всередині ГО: 1-стінка оболонки, циліндрична частина; 2-стінка оболонки полусферическая частина; 3-теплообмінник СПОТ ГО; 4-колектори спринклерної системи; 5-бак з рідиною; 6-клапан зрівняльний; 7-поживна труба з арматурою; позначки висот відповідають проектним для АЕС; цифри- позначки абсолютних висот в метрах

Спринклерна система пасивного типу здійснює надійне зв'язування радіоактивності в рідкій фазі і її локалізацію всередині герметичної оболонки, але слід зазначити що функція тепловідводу від ГО повинна виконуватись окремою системою.

Перелік посилань:

1. Воробьев В.В., Немцов В. В., Сорокин В.В. // 6МНТК «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЕР». Подольск, 26-29 мая 2009: Сб. докл. Подольск, ОКБ «ГИДРОПРЕСС» 2009 в 4 т. 2009 Т. 3. С. 76-84

2. Серия норм МАГАТЭ по безопасности. Проектирование систем защитной оболочки реактора для атомных станций Руководства № NS-G-1.10 МАГАТЭ. Вена, 2008

ВИЗНАЧЕННЯ НАЙБІЛЬШ ЕФЕКТИВНОЇ ПРОЦЕДУРИ ВІДНОВЛЕННЯ ПРИ АВАРІЇ З ТЕЧЕЮ З ПЕРШОГО КОНТУРУ В ДРУГИЙ.

Атомна енергетика - одна з перспективних способів видобутку електроенергії який існує на сьогоднішній день. Найбільш поширеними і небезпечними за своїми наслідками є аварії з течею теплоносія першого контуру, що супроводжуються виходом активності за межі бар'єрів локалізації. Даний клас аварій характеризується високою динамікою протікання і вимагає роботи систем безпеки для переведення реакторної установки в безпечний кінцевий стан.

Специфікою управління аварією з течею теплоносія з першого контуру в другий є необхідність виконання комплексних взаємопов'язаних між собою заходів в умовах обмеженого часу (час до спрацьовування паросбросних пристроїв аварійного парогенератору (ПП АПГ) і викиду в атмосферу радіоактивних речовин становить 3-4 хвилини). Відповідно до існуючої експлуатаційної документації по управлінню аваріями для ВВЕР-1000 ці дії повинні бути виконані оперативним персоналом або впроваджуються в даний час алгоритмом управління аварією.

Одна з основних завдань визначення виходу радіоактивних речовин з першого контуру в другий - це ідентифікація збільшення потужності гамма-випромінювання, з метою визначення АПГ. Наступним етапом запобігання аварії, є запуск алгоритму системи управління аварії течі першого контуру в другий (СУА ТПКД), метою якого є:

- Запобігання безповоротної втрати теплоносія першого контуру через ПП АПГ.
- Запобігання виходу активності першого контуру.

Завдання оптимального алгоритму управління аварією з течею з першого контуру в другий досягаються наступними діями, що дозволяють знизити тиск першого контуру менш ніж уставки роботи ПП АПГ:

- прискорене розхолодження першого контуру через АПГ;
- висновок з роботи надлишкової кількості САОЗ за критерієм запасу до насичення над активною зоною;
- зниження тиску першого контуру за допомогою системи компенсації тиску.

Вищеназвані дії, реалізуючи послідовно, дозволяють мінімізувати вихід активності першого контуру за межі бар'єрів локалізації та запобігти вичерпання запасу борованої води в баках САОЗ. Після успішної реалізації алгоритму і локалізації течі забезпечується перехід реакторної установки в стабільний стан з подальшою зупинкою для ремонту.

Отже, важливим завданням на сьогоднішній день для Українських АЕС є обґрунтування безпеки застосування даного алгоритму, який дає можливість уникнути радіаційному забрудненню обладнання АЕС та навколишнього середовища.

Перелік посилань:

1. Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций с реакторами с водой под давлением (ПБЯ РУ АС-2008). НП306.2.145-2008.
2. Аналіз особливостей аварії с відривом кришки колектора парогенератора та повної втрати електропостачання енергоблоку АЕС з ВВЕР-1000. / Режим доступу до файлу : http://www.kinr.kiev.ua/NPAE_Kyiv2006/proc/Zenov.pdf

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

Важливими елементами, що забезпечують тепловідвід від ядерного реактора, за технологією є парогенератори, їх ефективна робота є чинником безпеки реакторних установок і енергоблоків АЕС в цілому. Застосування систем надійного поповнення дефіциту водних середовищ в парогенераторах є необхідним заходом зниження ризику об'єктів атомної енергетики, як того вимагають міжнародні правові акти та Енергетична стратегія України до 2030 р. [1].

Мета роботи: підвищення безпеки існуючих енергоблоків АЕС та тих, що проектується шляхом впровадження додаткової системи аварійного підживлення для аварій з втратою підживлення парогенератора або повному знеструмленні енергоблоку, за рахунок технічного рішення з використанням енергії пари, для чого виконати аналіз застосування композиційної конструкції турбоприводу насосного агрегату, показати її технологічну доцільність і можливість реалізації [2,3]. В даному випадку можливо утилізувати енергію залишкових енерговиділень для аварійного підживлення парогенераторів.

Переваги такого впровадження включають в себе наступні положення:

- завдяки залишковим енерговиділенням наявна енергія, яку можна використати для запропонованого підходу;
- захист від відмов по залежним причинам, так як пропонується встановлення іншого обладнання, в іншому місці (таким чином реалізуються принципи щодо різноманіття та просторового розділення);
- підживлення парогенератору при високому тиску;
- успішна практика примінення аналогічної системи на блоках PWR та BWR.

Для реалізації даної ідеї було розглянуто перелік насосів відповідного типу в спеціальних джерелах (література, каталоги) з їх характеристиками відповідно для необхідних параметрів. Планується вибір конкретної одиниці насосного агрегату з подальшим дослідженням напірної мережі для визначення місця його встановлення, визначення джерела необхідного запасу води для підживлення, а також розглянути заходи щодо підвищення надійності системи. В подальшому можлива оцінка безпеки системи з метою перевірки та переконання в її надійності.

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. Дерев'янка О.В. Научные основы использования фрикционно-вихревых турбин с дисковым ротором в комбинированных турбоприводах систем надежной подпитки на АЭС / О.В. Дерев'янка // Строительство и техногенная безопасность / Сборник научных трудов // Вып. 52, 2014. – С. 80-85.
3. Підвищення безпеки реакторної установки з ВВЕР-1000 шляхом удосконалення приводів насосів аварійного підживлення технологічного устаткування [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.14.14 / Дерев'янка Ольга Володимирівна ; Одес. нац. політехн. ун-т. - Одеса, 2015. - 25 с. : рис.

ОБГРУНТУВАННЯ СТРАТЕГІЇ НИЗЬКОГО ТИСКУ В УМОВАХ ПОВНОГО ДОВГОСТРОКОВОГО ЗНЕСТРУМЛЕННЯ АЕС С РЕАКТОРАМИ ВВЕР-1000

Дане концептуальне рішення розроблено в рамках реалізації заходу «Обеспечение подпитки ПГ в условиях длительного полного обесточивания АЭС» «Комплексной сводной программы повышения уровня безопасности энергоблоков АЭС Украины» і додаткових заходів щодо підвищення безпеки за результатами виконання цільової позачергової оцінки безпеки енергоблоків АЕС України. При виконанні позачергової цільової переоцінки безпеки енергоблоків ВП АЕС (стрес-тестів) з урахуванням подій на АЕС Фукусіма-Даїчі були визначені дефіцити безпеки, пов'язані з тривалою відсутністю альтернативних джерел електропостачання та водопостачання.

Концептуальне рішення визначає порядок усунення одного з ключових дефіцитів безпеки при вихідній події «Повне знеструмлення і втрата тепловідведення до кінцевого споживача», пов'язаних із забезпеченням функцій відведення залишкових тепловиділень від активної зони реакторної установки через парогенератор (за умови збереження теплоносія в першому контурі і наявності циркуляції через активну зону).

Повне знеструмлення енергоблоку призводить до спрацьовування аварійного захисту і втрати вакууму конденсаторів турбін. Якомога швидше оператор повинен знизити послідовно тиск у всіх парогенераторах нижче 5 кгс/см^2 для забезпечення підживлення ПГ при низькому тиску. Це може бути виконано за допомогою ШРУ-А, що забезпечить злив деаераторів в ПГ (злив по лінії основної живильної води призведе до гідроударів, тому потрібен додатковий трубопровід з'єднуючий деаератори з напірної лінією аварійної живильної води в ПГ). Наявність зв'язку деаератора з аварійною живильною водою істотно скорочує час на приведення у дію і підключення низьконапірних мобільних насосних установок з дизельним приводом. Борування 1-го контуру (спочатку можливо за допомогою зливу ГЄ САОЗ) потрібне якомога швидше після знеструмлення. Залишкові енерговиділення можуть відводитися довгостроково - аж до 1-го місяця за допомогою одного низьконапірного насоса мобільної насосної установки.

Перелік посилань:

1. 132456.РО.УВ.РШ. Концептуальное решение. Об обеспечении подпитки ПГ мобильной насосной установкой в условиях длительного обесточивания ОП ЗАЭС —Энергодар —2013 .
2. 181604.203.002.ОТ00. Отчет технический. Обеспечение подпитки парогенераторов в условиях длительного полного обесточивания АЭС. —Энергодар —2017 .

**РОЗРОБКА КІНЦЕВО-РІЗНИЦЕВОГО АЛГОРИТМУ РОЗРАХУНКУ
НЕСТАЦІОНАРНИХ ДВОХ-ГРУПОВИХ РІВНЯНЬ ДИФУЗІЇ ТА ЙОГО
ВИКОРИСТАННЯ В АНАЛІЗІ ШВИДКИХ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕ**

За останній час розвиток розрахункових моделей і техніки дозволяють з достатньою точністю передбачати процеси, що протікають в активній зоні реактора. Важливим питанням дослідження безпеки ядерних реакторів є вивчення їх просторової динаміки. Точкова модель, що використовується для вирішення динаміки реактора, є неприйнятною до застосування в дослідженні таких задач, оскільки не дозволяє відслідковувати у часі локальні деформації розподілу енерговиділення.

Тому нам потрібно використовувати моделі, що здатні розраховувати просторово-часові процеси в активній зоні, такі як перерозподіл: ядер-попередників запізнілих нейтронів, температури теплоносія та її витрати, переміщення органів регулювання, зміни густини теплоносія та концентрації борної кислоти і ядер отруювачів, і т.д. Використання двох-групових рівнянь дифузії дозволить нам обраховувати нейтронно-фізичні параметри активної зони в стаціонарному стані з достатньою точністю, а також забезпечить основу для введення нейтронно-фізичних констант. Уточнення з боку теплогідрравлічних розрахунків і врахування впливу зворотніх перехідних процесів в часі дозволять нам обраховувати швидкі перехідні процеси, які протікають в реакторній установці.[1,2,3]

Розробка кінцево-різницевого алгоритму для аналізу швидких перехідних процесів є основою для розробки відповідних розрахункових програм, використання яких дозволить нам адекватно оцінити стан речей які відбуваються в активній зоні реактора з просторово-часовим перерозподілом енерговиділення та передбачати до чого можуть призвести дії оператора під час аварійних ситуацій.

Перелік посилань:

1. Широков С.В. Фізика ядерних реакторів: Навч.посібник.- К.: Вища шк., 1993.- 288 с.: іл. – Рос.
2. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов: Учеб. пособие для вузов/ Г.Г. Бартоломей, Г.А. Бать, В.Д. Байбаков, М.С. Алхутов; Под ред. Г.А. Батя. – М.: Энергоатомиздат, 1982.–000 с., ил.
3. С. Глесстон., М. Эдлунд. Основы теории ядерных реакторов: Издательство иностранной литературы., – Москва, 1954.-458с.

РОЗРОБКА СХЕМИ ІНФРАСТРУКТУРИ ПО ПОВОДЖЕННЮ З РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ ПРИ ЗНЯТТІ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ АЕС

На сьогодні, все більш актуальним для атомної енергетики України стає питання зняття з експлуатації енергоблоків АЕС, які майже вичерпали свій ресурс.

Зняття з експлуатації є завершальним етапом життєвого циклу кожного енергоблоку АЕС. Цей етап передбачає поступове звільнення установки від радіоактивних речовин, накопичених за період її використання, скасування режиму обмежень і радіаційного контролю в санітарно-захисній зоні й зоні спостереження. Обов'язковою умовою зняття установки з експлуатації є забезпечення безпеки персоналу, населення й навколишнього природного середовища від впливу іонізуючих випромінювань, а також захист майбутніх поколінь.

За різними оцінками об'єми радіоактивних відходів (РАВ), що утворюються при експлуатації й знятті з експлуатації, приблизно однакові [1]. Якщо для діючого енергоблоку основним джерелом небезпеки, а відповідно і основним об'єктом контролю, є активна зона реактора, то для блоку в період зняття з експлуатації, коли активна зона відсутня, основним джерелом небезпеки являються радіоактивні технологічні середовища та радіоактивне обладнання.

Підготовка до зняття з експлуатації АЕС починається задовго до завершення роботи станцій, і включає кілька важливих елементів, на яких ґрунтується успішність і безпечність його виконання:

- розробка концепцій і проектів зняття з експлуатації,
- здійснення підготовчих заходів,
- накопичення достатніх коштів для фінансування зняття з експлуатації.

Паралельно має відбуватися підготовка сховищ для захоронення радіоактивних відходів, що утворюються у процесі зняття з експлуатації, а також сховищ для остаточного захоронення відпрацьованого ядерного палива та радіоактивних продуктів їх переробки.

У разі ухвалення рішення про зняття блока з експлуатації розробляється проектна документація, в якій повинні бути представлені конкретний варіант, перелік заходів з узагальненими послідовністю, порядком і строками виконання, а також перелік і порядок розробки нормативної, технічної й проектної документації, що регламентує проведення необхідних робіт. Проект зняття з експлуатації має містити програму радіаційного захисту, програму поводження з РАВ, програму забезпечення якості, план заходів на випадок радіаційної аварії й заходи щодо фізичного захисту установки [2].

Перелік посилань:

1. Носовский А. В., Васильченко В. Н., Ключников А. А., Яценко Я. В. Снятие с эксплуатации ядерных энергетических установок / Под ред. А. В. Носовского. - К.: Техніка, 2005. - 288 с. -(Безопасность атомных станций).

2. Васильченко В. М., Носовський А. В., Павленко А. О. Поводження з радіоактивними відходами в Україні // Ядер, и радиац. безопасность. - 2006. - Т. 9, вьш. 2. — С. 5-8.

ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАХОДІВ З ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА ОБ'ЄКТАХ ЯДЕРНОЇ ГАЛУЗІ

Ризик подій на ядерних об'єктах визначається багатьма факторами. Ядерна та радіаційна небезпека може бути наслідком втручання зловмисників у технологічний процес з використанням комп'ютерних засобів в разі недостатнього рівня інформаційної безпеки. Пом'якшення чи унеможливлення дії цих факторів та мінімізація ризику аварій на АЕС — важливе державне стратегічне завдання.

Для попередження або компенсації тих чи інших факторів, що обумовлюють ризик аварій на АЕС, існують відповідні технології захисту які базуються на науково обґрунтованих підходах, науково-технічних розробках та апаратних засобах. Одним з таких сучасних підходів є фізичний захист з використанням складних інформаційних технологій. Це положення узагальнено в рекомендаціях МАГАТЄ.

Відповідно до міжнародних юридичних документів і вимог Закону України «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання», система фізичного захисту ядерних енергоустановок охоплює інформаційно забезпечені інженерно-технічні заходи, які вживаються для мінімізації можливості здійснення диверсії, крадіжки або іншого неправомірного вилучення радіоактивних матеріалів, зменшення ймовірності інших протиправних дій відносно ядерних об'єктів.

Проблема забезпечення інформаційної безпеки й фізичного захисту АЕС виникає як частина загальної зазначеної проблеми і вирішується на стику багатьох галузей знань: фізика, математика, кібернетика, інформатика, криптографія. Як показує огляд науково-технічної літератури, в частині інформаційного забезпечення фізичної безпеки АЕС є низка достатньо мірою не досліджених питань, до яких належить і питання ефективної протидії комп'ютерно-інтегрованим організованим загрозам — як зовнішнім, так і, можливо, внутрішнім. До першочергових вимог фізичного захисту АЕС належить створення умов для захисту інформації з обмеженим доступом, бо інформаційна безпека є важливою складовою фізичної безпеки ядерних об'єктів та потребує використання відповідних до нових загроз інженерно-технічних методів та засобів. Метою досліджень є аналіз можливостей зниження ризику ядерних та радіаційних аварій на АЕС і, зокрема, аналіз можливості врахування специфічних факторів, пов'язаних з інформаційною безпекою в системі фізичного захисту АЕС, беручи до уваги зв'язок захисту інформації, яка використовується в керуванні потенційно небезпечним обладнанням АЕС.

Недооцінювання фактору захисту інформації, яка так чи інакше використовується в процесі вирішення задач керування на АЕС може підвищувати ризик ядерних та радіаційних інцидентів. І навпаки, ефективна протидія інформаційно-технологічним порушенням чи інформаційним атакам методами роботи з сигнальною інформацією знижує ризик інцидентів і аварій.

Перелік посилань:

1. Рекомендации по физической ядерной безопасности, касающиеся физической защиты ядерных материалов и ядерных установок. Вена : МАГАТЭ, 2012. 69 с.
2. Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання : Закон України від 19.10.2000 № 2064-III. Відомості Верховної Ради України (ВВР). 2001. № 1. Ст. 1.
3. Клевцов А. Л., Трубочанинов С. А. Компьютерная безопасность информационных и управляющих систем АЭС: кибернетические угрозы. Ядерна та радіаційна безпека. 2015. Вип. 1.

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ПО ПІДВИЩЕННЮ НАДІЙНОСТІ ПАРОГЕНЕРАТОРА БЛОКУ №5 ЗАЕС

В процесі експлуатації реакторних установок типу ВВЕР-1000 як в Україні так і за кордоном серйозною проблемою являється непланова заміна парогенератора. Саме через це одним із напрямків підвищення періоду безвідмовної роботи енергоблоків АЕС з ВВЕР-1000 являється попередження простоїв, зв'язаних з необхідністю усунення пошкоджених вузлів парогенератора ПГВ-1000(М). Ці пошкодження, як правило, зобов'язані своїм походження інтенсивному протіканню корозійних процесів. Призупинити частоту цих процесів задача реальна. Однак виключити її зовсім неможливо. Можливо лише відсунути термін, коли буде виявлено пошкодження і тим самим збільшити термін безвідмовної роботи.

До теперішнього часу непланова заміна проводилась за двома причинами:

- Виникнення тріщин в перемичках між отворами для вводу теплообмінних трубок «холодних» колекторів парогенератора;
- Масовий вихід із ладу теплообмінних трубок парогенератора в сумі перевищуючий їх технологічний запас.

Технологія заглушки теплообмінних трубок не гарантує щільність вузла глушіння протягом подальшого терміну служби парогенератора. Це призводить до повторних розуцільнень дефектних трубок та неплановим зупиненням блоку, що принесе значні економічні витрати.

Перераховані проблеми приводять до непланових довготривалих простоїв енергоблоків та здійснюють реальний негативний вплив на стійкість енергосистеми країни.

Сумарною причиною пошкодження являється відсутність оптимального поєднання: конструкції парогенератора, технології його виготовлення, режимів експлуатації, набору конструкційних сплавів другого контуру АЕС з ВВЕР та проектною обв'язки парогенератора

Суть новизни складається в тому, що потрібно розробити алгоритм комплексного вдосконалення парогенератора та систем його обв'язки, які повинні проводитися поступово та цілеспрямовано. Цей комплекс дозволить зменшити або ліквідувати наслідки реалізації неоптимальних проектних та конструктивних рішень, а також окремих недостатньо обґрунтованих, но виконаних раніше робіт по модернізації систем обв'язки парогенератора та недосконалих характеристик режимів експлуатації та випробувань парогенератора.

Перелік посилань:

1. Целостность парогенераторов АЭС с реакторами типа ВВЕР-1000 МАГАТЭ, ВЕНА, 1997

2. Опыт изготовления парогенераторов для АЭС с ВВЕР-1000 Белоусов В.Д., Тренкин В.Б., ОАО «Инжиниринговая компания «ЗИОМАР», Даниленко В.А., Белоксов В.П. ОАО «машиностроительный завод «ЗиО-Подольск»

Модернизация системы измерения уровня парогенераторов ПГВ-100 (ПГВ-1000М), Федоров А.Н., Некрасов А.В., Качалин Н.А., Илюшин В.Ф., Бахмарина И.И., Сиряпина М.В., Воронков А.В., Харченко С.А. (ФГУП ОКБ «Гидропрес»)

УДК 621.039.1

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-81мн Басюк Р.В.
Ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПАЛИВНИХ ЗАВАНТАЖЕНЬ В РЕАКТОРАХ ТИПУ ВВЕР-440

На даний момент на блоках 3,4 Кольської АЕС в Росії, блоках 1-4 АЕС «Дуковани» в Чехії, блоках 1,2 АЕС «Моховці» і блоках 3,4 АЕС «Богуніце» Словаччини з реакторами ВВЕР-440 В-213 впроваджуються тепловиділяючі збірки другого покоління. Основною особливістю тепловиділяючих збірок 2-го покоління (з точки зору нейтронно-фізичних характеристик) є збільшення маси палива приблизно на 5% за рахунок збільшення висоти паливного стовпа і діаметра паливної таблетки, зміна кроку між ТВЕЛ з 1.22 см до 1.23 см, використання чохла ТВЗ АРК товщиною 1.5 мм і зниження вмісту гафнію в конструкційних матеріалах паливних касетах з 0.05% до 0.01%.

Подальшим розповсюдженням касет другого покоління є використання цього палива в реакторах ВВЕР-440 на 1 і 2 блоках Рівненської АЕС. Дослідно-промислова експлуатація проводиться з метою підтвердження працездатності РК-3 протягом 7-ми паливних циклів при тривалості паливного циклу близько 300 еф.діб, застосування даного ядерного палива дозволить збільшити кратність перевантажень до 6-7 і зменшити підживлення до 42-48 РК при одночасному збільшенні потужності реактора передбачається досягнення глибини вигорання в РК-3 до 68 МВт.доба / кгU в касеті і 72 МВт.доба / кгU в ТВЕЛі.

Виконано обсяг робіт по розробці паливних циклів для сталих режимів перевантажень палива з використанням паливних касет другого покоління ВВЕР-440 на блоках 1 і 2 Рівненської АЕС. Характеристики всіх розглянутих паливних завантажень задовольняють прийнятим проектним обмеженням. При цьому проведено порівняння використання даного палива з країнами, які використовують реактори типу ВВЕР-440.

Використання в якості палива підживлення касет другого покоління на блоках 1 і 2 Рівненської АЕС у реакторах ВВЕР-440 призводить:

- поліпшення ядерної безпеки при поводженні зі свіжим паливом;
- підвищення глибин вигорання;
- зменшення кількості завантажуваних паливних касет;
- зниження деякої кількості потоку нейтронів на корпус реактора;
- зниження ефективних питомих витрат природного урану, ефективних питомих обсягів розділових робіт і питомих витрат свіжих паливних касет.

Для блоків 1 і 2 Рівненської АЕС з реакторами ВВЕР-440 найбільш краще використовувати касети другого покоління з УГТ із середнім збагаченням в робочих касетах 4.38% і 4.25% для ТВС АРК.

Перелік посилань:

1. Технічне рішення «Про організацію дослідно-промислової експлуатації палива другого покоління на енергоблоці 2 Рівненської АЕС» № 131-337-ТР-ВЯБ.
2. Проект системи ядерного палива для енергоблоку № 2 Рівненської АЕС. Ядерний проект. Розрахунки НФХ активної зони. Таблиці рамкових значень параметрів. У213-Пр-1892
3. Комплекс касет реактора ВВЕР-440. Контрактне технічну угоду. 440.15.000 КТС, м Електросталь.
4. Поводження з ядерним паливом. Перевантаження палива в реакторі ВВЕР-440. Номенклатура експлуатаційних нейтронно-фізичних розрахунків та експериментів».

ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА НА МАЙДАНЧИКУ ССВЯП ЗАЕС ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ШИРИНИ ВЕНТИЛЯЦІЙНОГО ТРАКТУ КОНТЕЙНЕРА

Одним з широко розповсюджених в світі способів зберігання відпрацьованого ядерного палива (ВЯП) і одним з ефективних як з екологічної точки зору, так і з точки зору капітальних вкладень і витрат на експлуатацію є сухе зберігання відпрацьованого палива. В цьому випадку ВЯП зберігається в герметичних металевих кошиках, заповнених інертним газом, які, в свою чергу, поміщаються в металевий або бетонний контейнер, який запобігає механічне пошкодження кошика і службовець додатковим бар'єром радіаційного захисту. Контейнери можуть розміщуватися як на відкритих майданчиках, так і в спеціальних будівлях-сховищах. При цьому теплота, що виділяється ВЯП, відводиться в навколишній простір шляхом повітряної конвекції за рахунок природної тяги в вентиляційних каналах або примусово в результаті роботи вентиляційних тривалою відсутністю альтернативних джерел електропостачання та водопостачання.

Завдання визначення геометричних розмірів каналів охолодження, виходячи з умови найкращого охолодження ВТВЗ, відноситься до класу зворотних пов'язаних завдань теплообміну оптимального проектування. В якості критерію оптимальності тут виступає умова мінімізації максимальної температури в кошику зберігання. Як вже зазначалося вище, внаслідок зменшення в процесі зберігання потужності тепловиділення ВТВЗ завдання мінімізації максимальної температури досить розглянути лише в момент часу, відповідний початку зберігання ВЯП.

Шляхом рішення геометричній зворотного сполучення завдання теплопередачі з використанням інтерполяційної залежності цільового функціоналу від оптимізованого параметра визначена оптимальна з точки зору умови дотримання безпечних теплових режимів зберігання ширина вентиляційного каналу контейнера зберігання відпрацьованого ядерного палива.

Перелік посилань:

1. Survey of wet and dry spent fuel storage: IAEA-TECDOC-1100 – International Atomic Energy Agency, Vienna, 1999 – 103 p.
2. Официальный сайт Запорожской АЭС. Устройство и описание СХОЯТ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.npp.zp.ua/snfs/description>.

УПРАВЛІННЯ ТЕРМОМЕХАНІЧНИМИ ДЕФЕКТАМИ В СИСТЕМАХ ОХОЛОДЖЕННЯ ОБМОТОК СТАТОРІВ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ АЕС

Проведений аналіз інцидентів на АЕС України свідчить, що значна частина відмов (від 30 до 70%) викликана недостатньою надійністю електротехнічного обладнання. Зокрема, найбільша частка в причинах недовиробництва електроенергії через електротехнічне обладнання припадає на турбогенератори (до 70-80%). Тобто найбільш ненадійним елементом на АЕС на сьогодні є турбогенератор.

Установлення причин та передумов порушень у роботі турбогенераторів є основою для розробки організаційно-технічних профілактичних заходів по запобіганню подібних порушень.

Для турбогенераторів великий вплив на теплотехнічну надійність, тобто властивість турбогенератора зберігати протягом заданого часу нормальний тепловідвід від активної зони в стаціонарному режимі роботи в умовах випадкових відхилень параметрів активної зони від номінальних значень, обумовлених технологічними похибками, і експлуатації турбогенератора в цілому, має робота системи охолодження обмоток статора. Перегрів або термічний дефект становить небезпеку не тільки через підвищення ймовірності теплового пробою корпусної ізоляції, але й унаслідок механічного впливу на мідні провідники й ізоляцію стержня.

Турбогенератори з водяним охолодженням обмоток мають підвищену небезпеку засмічування каналів охолодження. Аналіз інформації про виникнення й розвиток термічних дефектів обмоток статорів турбогенераторів показує, що практично всі вони пов'язані з порушеннями охолодження. Найнебезпечніші порушення полягають у частковій або повній закупорці водяних каналів однієї або декількох гідравлічних шляхів системи водяного охолодження статора.

З метою створення експлуатаційного контролю й моніторингу за дефектоутворенням необхідно методами чисельного експерименту та імітаційного моделювання будувати характерні образи зародження та розвитку дефектів для їхньої подальшої ідентифікації. Виходячи з максимального значення функції чутливості, визначається раціональна сукупність діагностичних ознак для ідентифікації найбільш поширених дефектів турбогенератора.

Перелік посилань:

1. Ключников О.О. Аналіз, прогнозування та управління термомеханічними дефектами в системах водяного охолодження обмоток статорів потужних турбогенераторів АЕС // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2015. – Вип. 24. – С. 20 – 25.

ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ІНЦИДЕНТІВ НА ЯДЕРНИХ ОБ'ЄКТАХ

Забезпечення безпеки на ядерних об'єктах є комплексним завданням і включає в себе безліч аспектів. Для їх вирішення на ядерних об'єктах з'явилися різні системи захисту, кожна з яких призначена для забезпечення безпеки на ядерних об'єктах. Прикладами таких систем є система ядерної і радіаційної безпеки, система обліку і контролю ядерних матеріалів, системи фізичного захисту ядерних матеріалів і установок - системи фізичної ядерної безпеки, а також системи кібербезпеки. Склад і структура кожної з систем безпеки залежать від цілей створення системи.

В своїй магістерській роботі я зупинився на системі кібербезпеки ядерних об'єктів. Тут під системою забезпечення безпеки ми розуміємо, що це сукупність відповідного устаткування і програмного забезпечення, комплексу організаційних і технічних мір, а також дій персоналу, що реалізовує ці питання.

Актуальність розвитку та постійного вдосконалення систем кібербезпеки ядерних об'єктів пов'язана з розробкою комп'ютерних технологій та систем управління технологічними процесами ядерного об'єкта, що використовують інформацію, яка забезпечує безпеку ядерного об'єкта та управління іншими системами безпеки. Також індикатор, що показує необхідність розвитку та вдосконалення системи кібербезпеки на ядерних об'єктах це є відомі випадки кібератак на ядерних об'єктах.

Фахівці з фізичної ядерної безпеки давно і активно займаються протидією внутрішнім порушникам. Тому, як приймати персонал на роботу, як виявляти порушників, як формувати культуру безпеки на ядерних об'єктах, присвячено чимало рекомендацій, розроблених МАГАТЕ.

З появою інтернету стала наростати і загроза зовнішнього втручання в роботу ядерних об'єктів.

Інформаційні та автоматизовані системи, які можуть піддаватися зовнішнім або внутрішнім, технічним або людським, випадковим або зловмисним атакам, можуть використовуватися в абсолютно різних процесах на ядерних об'єктах - для збагачення, транспортування ядерних матеріалів і радіоактивних відходів, вироблення електроенергії, виробництва ядерного палива, зберігання опромінених ядерних матеріалів і радіоактивних відходів.

Така різноманітність захищаються процесів і систем вимагає комплексного підходу до їх безпеки, який протягом останніх років активно просувається МАГАТЕ.

Перелік посилань:

1. А.Лукацкий. Кибербезопасность ядерных объектов. -2013.- с.1-4.
2. A.Varuttamaseni, R.A.Bari, R.Youngblood. Construction of a Cyber Attack Model for Nuclear Power Plants. -2017.- 3-12с.
3. R.Masood. Assessment of Cyber Security Challenges in Nuclear Power Plants, 2016. – 10-12с.

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ФІЗИЧНОЇ ЯДЕРНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ЯДЕРНИХ ТА ІНШИХ РАДІОАКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ

Міжнародна спільнота постійно приділяє належну увагу забезпеченню фізичного захисту ядерних та інших радіоактивних матеріалів при їх транспортуванні, що пов'язано з їхньою найбільшою вразливістю в даний період. Підтвердженням цього є те, що була розроблена та прийнята «Конвенція про фізичний захист ядерного палива ядерного матеріалу», до якої Україна приєдналася 05.05.1993. У 2008 році в серії видань МАГАТЕ з фізичної ядерної безпеки вийшло керівництво «Фізична безпека при перевезенні радіоактивних матеріалів». В тій же серії видань у 2011 році вийшли «Рекомендації фізичної ядерної безпеки щодо фізичного захисту ядерного матеріалу та ядерних установок».

В останні роки в Україні існує проблема накопичення відпрацьованого ядерного палива на майданчиках АЕС. У зв'язку з цим в чорнобильській зоні відчуження відбувається будівництво центрального сховища відпрацьованого ядерного палива. По завершенню його будівництва розпочнеться процес перевезення відпрацьованого ядерного палива з усіх майданчиків АЕС України. Також на території України планується будівництво заводу з виготовлення палива для АЕС з ВВЕР-1000. Усе це призведе, до збільшення числа перевезень ядерних та інших радіоактивних матеріалів територією держави.

Саме тому гостро постає питання підвищення рівня фізичної ядерної безпеки ядерних та інших радіоактивних матеріалів в період їхнього транспортування.

Мета роботи полягає в визначенні величини ризику несанкціонованого вилучення або диверсії під час перевезення ядерних та інших радіоактивних матеріалів із застосуванням запропонованих компенсуючих заходів та інженерно-технічних засобів.

Перелік посилань:

1. Про затвердження Порядку проведення оцінки вразливості ядерних установок та ядерних матеріалів: Наказ Державного Комітету Ядерного Регулювання України від 30.11.2010 N 169 // Офіційний вісник України. – 2010. – №100. – С. 165.
2. Про затвердження Вимог застосування охорони в системі захисту ядерних установок, об'єктів, призначених для поводження з радіоактивними відходами, іншими джерелами іонізуючого випромінювання, матеріалів: Наказ Державного Комітету Ядерного Регулювання України від 23.11.2010 N 164 // Офіційний вісник України. – 2010. – №98. – С. 121.

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ФІЛЬТРОВАНОГО СКИДАННЯ СЕРЕДОВИЩА З ГЕРМООБОЛОНКИ

В ході розвитку важких аварій в реакторі (а при позакорпусній стадії і безпосередньо в ГО) відбувається генерація великої кількості пари, неконденсованих газів, в тому числі і водню, що призводить до значного зростання параметрів середовища в захисній гермооболонці (тиску, температури, активності). Виконані на сьогодні розрахунки запроектованих (в тому числі важких) аварій для ВВЕР-1000 показують, що захисна гермооболонка здатна витримати квазістатичні навантаження від тиску і температури, що виникають при важких аваріях. Однак, не виключений малоймовірний сценарій, при якому всі технічні заходи і стратегії управління важкими аваріями, в частині недопущення критичного тиску в ГО, виявляться недостатньо ефективними. В такому випадку зростання параметрів середовища в ГО може привести до її руйнування з неконтрольованим виходом радіоактивної парогазової суміші в навколишнє середовище.

Для аварій з важким пошкодженням активної зони (зокрема, «Повне знеструмлення енергоблоку»), буде мати місце тривале витікання пароводяної суміші з першого контуру в ГО та генерації неконденсованих газів (на позакорпусній фазі розвитку аварії), що в разі відмови систем охолодження ГО призведе до зростання тиску в ГО. На початковій (внутрішньо-корпусній) фазі аварії інтенсивність зростання тиску в ГО залежить від кількості пари, що виноситься з першого контуру, на позакорпусній – від швидкості генерації неконденсованих газів.

Для АЕС України, згідно положень Комплексної Програми підвищення безпеки передбачено реалізацію заходу, з впровадження системи скидання середовища з ГО в умовах розвитку важких аварій. Цей захід виконується в два етапи:

- впровадження нефільтруємого скидання середовища;
- встановлення фільтруючого обладнання.

Станом на тепер для більшості АЕС України реалізовано перший етап цього заходу, роботи з другого етапу знаходяться на стадії виконання.

Метою моєї роботи є аналіз досвіду впровадження саме фільтруємого скидання середовища, а також дослідження ефективності встановлення фільтруючого обладнання для АЕС України.

За результатами виконаного аналізу можна відзначити, що реалізовані на європейських АЕС системи скидання середовища з гермооб'єму по застосовуваних технологій фільтрації ПГС можна розділити на три групи:

- Системи скидання з основним пісочним фільтром (проекти EDF));
- Системи скидання, в яких в якості основного фільтра застосований скруббер «Вентурі» (проекти AREVA);
- Системи сухої фільтрації.

Перелік посилань:

1. Пособие по эксплуатации, включая техническое обслуживание СПСД ОП ЗАЭС 2017
2. Status Report on Filtered Containment Venting - Nuclear Safety NEA/CSNI/R(2014) 7 July 2014

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДЖУВАЛЬНИХ ТА ЗАХИСНИХ ЗАХОДІВ ПО ВІДНОШЕННЮ ДО ЗАГРОЗ,ЯКІ НАДХОДЯТЬ ВІД ВНУТРІШНЬОГО ПРАВОПОРУШНИКА

Метою роботи є оцінка ризику,призначена для виявлення місць в системах, уразливих з точки зору загроз, що надходять від внутрішнього правопорушника. Результат процесу оцінки – це оцінка ефективності запобіжних та захисних заходів у припиненні можливих дій внутрішнього порушника, які можуть призводити до несанкціонованому вилученню ядерного матеріалу або саботажу.

Внутрішні правопорушники мають більше можливостей (тобто знаходяться в більш сприятливих умовах) для вибору найбільш вразливих цілей і найбільш вигідного часу для здійснення або спроби здійснення злочинної дії. Внутрішні правопорушники можуть використовувати перевагу наявного у них доступу, доповненого наданими їм повноваженнями та знанням установки, для обходу спеціальних елементів фізичного захисту або інших передбачених заходів, таких, як забезпечення безпеки, контроль і облік ядерного матеріалу, а також експлуатаційні заходи і процедури. Загрози,які надходять від внутрішніх порушників,створюють проблему для систем фізичного захисту,яка радикально відрізняється від інших проблем, тому даному питанню слід приділяти значну увагу.

Внутрішні правопорушники можуть мати можливість для здійснення злочинних дій у випадку нормального режиму експлуатації установки,при здійсненні робіт з технічного обслуговування, при перевезенні ядерного матеріалу або в аварійних ситуаціях.

Підхід,який слід використовувати для попередження злочинних дій внутрішніх правопорушників і захисту від них:

1) запобігання появи можливих внутрішніх правопорушників шляхом виявлення підозрілої поведінки або признаков,які можуть вказувати на мотивацію до отримання ними дозволу на доступ;

2) запобігання появи додаткових можливих внутрішніх правопорушників шляхом виявлення підозрілої поведінки або признаков, які можуть вказувати на мотивацію після отримання ними доступу;

3) зведення до мінімуму можливостей здійснення злочинних дій шляхом обмеження доступу,повноважень і знань,а також шляхом прийняття інших мір;

4) виявлення,затримка злочинних дій і реагування на них;

5) пом'якшення або зведення до мінімуму наслідків.

Ймовірність виявлення і своєчасність реагування на злочинні дії внутрішнього правопорушника часто можуть бути кількісно виміряні і, таким чином, забезпечують основу для аналізу ефективності захисних мір.

Перелік посилань:

1.Цілі і основні принципи фізичного захисту, GOV / 2001/41, МАГАТЕ, Відень (2001).

2.Фізичний захист ядерного матеріалу і ядерних установок, INFCIRC / 225 / Rev.4, МАГАТЕ, Відень (1999).

3. Серія видань МАГАТЕ з фізичної ядерної безпеки.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ АЛГОРИТМІВ РЕЖИМУ СЛІДУВАННЯ ЗА ПОТУЖНІСТЮ МОДЕРНІЗОВАНОЇ СВРК

Основною метою експлуатації АЕС в Україні є виробництво електроенергії. Найкращим режимом роботи ядерних реакторів з точки зору безпеки і надійності є режим роботи на номінальному рівні потужності, але на практиці енергосистема накладає свої вимоги і, отже, необхідне забезпечення можливості змінювати потужність енергоблоку, щоб забезпечити режим слідування за потужністю. Найбільший досвід розвитку та впровадження маневреності АЕС з PWR (аналог ВВЕР-1000) має Франція. Особливістю цих АЕС є наявність великої кількості органів регулювання системи управління та захисту реактора (ОР СУЗ). Спосіб управління французьких реакторів в маневреному режимі заснований на використанні декількох груп ОР СУЗ різної ефективності, які вводяться в активну зону і переміщуються в незмінному порядку, встановленому спаданням ефективності груп регулювання. Тому до сучасних систем автоматизації реакторних установок таких як система внутрішньо реакторного контролю (СВРК) пред'являються підвищені вимоги, що в першу чергу стосуються алгоритмів управління технологічними процесами, які повинні забезпечувати надійні та безпечні умови експлуатації, цим підтверджується актуальність даної роботи.

Модернізація СВРК полягає в розробці національного розрахункового комплексу ImCore для підсистеми фізичних розрахунків (ПФР), а також інтеграція даного розрахункового комплексу в програмне середовище СВРК. Програмний продукт заснований на вирішенні рівняння кінетики реактора в двохгруповому дифузійному наближенні з використанням кінцево-різницевого методу.

Однією з неоперативних задач яка планується запроваджуватись в даній ПФР є задача з інформаційної підтримки оператора в режимах маневрування (ШОРМ), яка дозволить оператору енергоблоку обрати, один з найліпших сценаріїв режиму слідування за потужністю згідно до вимог технологічного регламенту безпечної експлуатації та завдань які поставить оператор енергосистеми.

В роботі планується провести розробку програмних алгоритмів за допомогою розрахункового моделювання режимів слідування за потужністю, результати яких дозволять перевірити і проаналізувати можливість маневрування українських енергоблоків в межах встановлених проектом.

Перелік посилань:

1. Ястребенецкий М. А. Системы управления и защиты ядерных реакторов / М. А. Ястребенецкий, Ю. В. Розен, С. В. Виноградская [и др.]. – К. : Основа–Принт, 2011. – 768 с.
2. Баскаков, В.Е. Алгоритм эксплуатации энергоблока с ВВЭР в поддержании суточного баланса мощности энергосистемы / В.Е. Баскаков, М.В. Максимов, О.В. Маслов // Тр. Одес. политехн. ун-та. – Одесса, 2007. – Вып. 2 (28). – С. 56 – 59.
3. Пелых С. Н. Способ стабилизации аксиального распределения нейтронного поля при маневрировании мощностью ВВЭР-1000 / С. Н. Пелых, М. В. Максимов, Т. А. Цисельская, В. Е. Баскаков // Ядерная и радиационная безопасность. – 2011. – № 1 (49). – С. 27–32.

УДК 621.039.53

Аспірант Федоров Д.О.

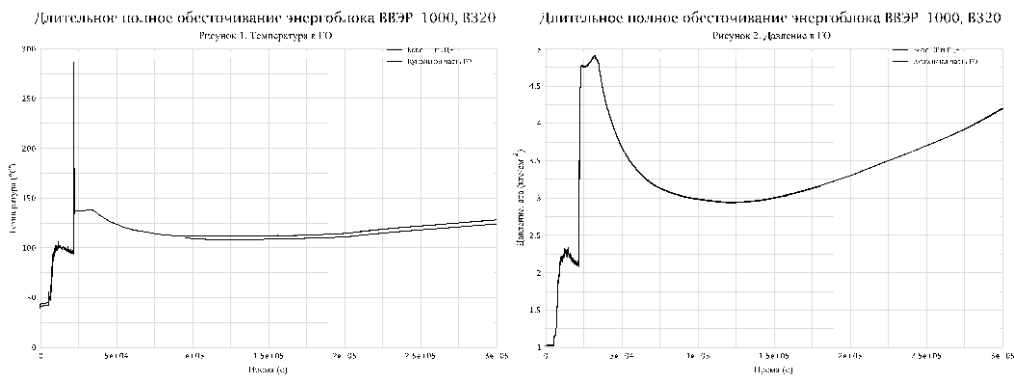
Проф., д.т.н. Туз В.О.

ОЦІНКА ТЕРМОДИНАМІЧНИХ УМОВ ЗЛА СГО ПРИ ЗАПРОЕКТНИХ АВАРІЯХ НА АЕС З ВВЕР-1000

У роботі [1] першого етапу було обґрунтовано важливість отримання реалістичної гідро-газодинамічної картини процесів в системі примусового скиду тиску. Окремим питанням на цьому етапі є також питання забезпечення водневої безпеки системи. Але перш, це вимагає вивчення аспектів протікання важкої аварії з виявленням значущості факторів, що впливають на початкові параметри парогазової суміші. Останні можуть бути обумовлені наступними теплофізичними і гідродинамічними процесами в СГО:

- витікання теплоносія першого контуру в приміщення СГО, його вскипання, винесення і конденсація;
- прямий розігрів парогазової середовища ЗЛА залишковим енерговиділенням розплаву;
- виділення великої кількості неконденсованих газів (H_2 , CO , CO_2) при взаємодії розплаву з бетоном;
- горіння і детонація водню;
- розігрів басейну витримки залишковим енерговиділенням відпрацьованими ТВЗ та його кипіння

Тому було проведено серію розрахункових аналізів сценарію, що моделює перебіг запроектованої важкоаварійної ситуації на енергоблоці ВВЕР-1000, В-320 в умовах тривалої втрати електроживлення. У якості представницької вихідної події аварії було обрано «Повна втрата зовнішніх і внутрішніх джерел живлення змінним струмом».



В процесі проведення розрахункового аналітичного аналізу були визначені наступні висновки:

- Порушення цілісності СГО за механізмом переопресовування в перші три доби аварії не відбувається.
- Періодична робота ПК КТ істотний вплив на тиск в ЗЛА не чинить.
- Вибуховий характер зростання тиску, в момент руйнування днища корпусу реактора, визначається взаємодією борованої води з розплавом після початку зливу ГЕ, максимальна величина тиску СГО при цьому $4,85 \text{ кг/см}^2$
- Вода в БВ знаходиться при тиску в ЗЛА. Різке зниження тиску в СГО призведе до об'ємного скипання середовища БВ.

Перелік посилань:

1. «Теплогідравлічні процеси в системах примусового скиду тиску», Туз В.О., Федоров Д.О. XVI МНПК «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» 24-27.03.2018

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОЛЯ ТУРБУЛЕНТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ШАХТЫ И КОРПУСА ВВЭР-1000 ИСПОЛЬЗУЯ ПРОЦЕДУРУ ГЕНЕРАЦИИ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

Фактическая картина поля турбулентных пульсаций носит в общем-то анизотропный, хаотический характер и определяется множеством геометрических и физических факторов. Существуют два способа решения подобной задачи.

Первый способ заключается в экспериментальном исследовании характеристик контактной задачи среды и стенки (с помощью специальных зондов). Общими результатами таких исследований есть интегральная сила и коэффициенты сопротивления, которые учитывают, как вязкую составляющую, так и турбулентное воздействие на исследуемую стенку [1].

Второй способ заключается в применении вычислительной гидродинамики. Применительно к практическим задачам используются вихререзающие подходы (SRS), основанные на моделях турбулентности, которые по своей сути прогнозируют энергетический спектр пульсаций. Применение SRS метода требует существенных вычислительных ресурсов. В некоторых случаях некорректные начальные условия (в смысле «далекая» от истинной картины течения, например, инициализация без пульсационным полем) могут приводить к тому, что выход на начало моделирования «истинной» картины течения может занять до 50% всего расчёта. Несколько уменьшает время восстановления применение инициализации с помощью RANS подхода, что позволяет в лучшем случае тратить до 20% времени на восстановление пульсационной составляющей.

Современным походом есть создание специальной процедуры восстановления пульсационного поля на основе синтетической турбулентности, которая генерирует физически обоснованное поле турбулентных пульсаций и есть начальным условием для SRS методов [2]. Опыт показывает, что в большинстве случаев генерируемое поле есть «близким» к тому, что устанавливается, применяя лишь RANS - SRS подход.

В масштабах реактора ВВЭР-1000 применение SRS подхода пока есть весьма вычислительно затратным с учетом того, что интересуют лишь некоторые фрагменты поверхностей ВКУ и корпуса. В связи с этим была разработана специальная процедура восстановления поля пульсаций скорости на основе генератора синтетической турбулентности с применением CFD модели реактора с RANS/URANS подходом. Полученные результаты являются приближенными (промежуточными) и в дальнейшем могут быть использованы (в случае расширения процедуры до объемного генератора) в качестве начальных для CFD модели реактора с SRS моделью (LES, DES, SAS).

Перелік посилань:

1. А. Mohany. Modelling of fuel bundle vibration and the associated fretting wear in a CANDU fuel channel / A. Mohany, M. Hassan. // Nuclear Engineering and Design. – 2012. – №9. – pp. 1–9.
2. Адамьян Д. Ю. Метод генерации синтетической турбулентности на входных границах для расчета турбулентных течений в рамках вихререзающих подходов : дис. канд. фіз.-мат. наук : 01.02.05 / Адамьян Д. Ю. – Санкт-Петербург, 2011. – 142 с

КОМПЛЕКСНАЯ ПРОЦЕДУРА ОЦЕНКИ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССАХ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕРХНЕГО БЛОКА ВВЭР-1000

Теплота от верхнего блока отводится с помощью TL03 путем увеличения теплосодержания воздуха, а также частично тепловой потерей от наружной поверхности изоляции. На основе опыта предыдущих работ [1] было усовершенствовано процедуру оценки граничных условий (ГУ) элементов верхнего блока (ВБ) для учета следующих особенностей:

- 1) Учет наличия шпилек ГРП с корректным учетом направления теплового потока теплопроводности и взаимосвязей с крышкой реактора.
- 2) Учет излучения с максимальным приближением к реальной геометрии.
- 3) Учет краевых эффектов в крышке реактора, фрагменте корпуса реактора и в шпильке ГРП.
- 4) Учет аксиальной теплопроводности в патрубках СУЗ, ТК и КНИ.
- 5) Возможность формулировать ГУ при переходных режимах с учетом инерционности процессов теплопроводности и теплообмена.

Учет выше сформулированных особенностей, которые должна включать в себя расчетная модель описывается в общем случае трехмерной нелинейной постановкой. Во-первых, задача имеет геометрические сложности с точки зрения формирования исключительно аналитической процедуры. Помимо геометрической сложности задачи для аналитической постановки существует теплофизическая сложность, а именно зависимость коэффициентов теплоотдачи при естественной конвекции от температуры стенки, которая есть неизвестной величиной. К тому же задача есть нестационарной, следовательно, пользоваться интегральными (балансовыми) соотношениями не совсем корректно из-за присутствия инерционности в металле (вызвана теплопроводностью). Таким образом, задача усложняется и, следовательно, требует учета нестационарности, которая описывается дифференциальными соотношениями.

Разработанная процедура есть промежуточной между аналитикой и методами вычислительной гидродинамики. Основные феноменологические особенности такие как излучение, вынужденная/естественная конвекция учитывается с помощью строгой теории (излучение) и эмпирических соотношений (конвекция). Распространения тепла в металле учитывается путем численного решения уравнения теплопроводности. Крышка, фрагмент корпуса реактора, а также шпильки ГРП рассматриваются в трехмерной постановке с двухплоскостной симметрией, что дает возможность учесть особенности распределения температуры при переходных процессах. Патрубки, изоляция, а также нижняя плита воздушного коллектора рассматриваются в двухмерной, осесимметричной постановке, что дает возможность учесть в первую очередь наличие аксиальной теплопроводности. Решение уравнения теплопроводности осуществляется методом конечных элементов (МКЭ). Применение такого подхода фактически дает возможность учесть краевые эффекты, а также приближенную к реальности динамику охлаждения крышки реактора и шпилек ГРП, которые в неполной мере с некоторыми неопределенностями учитывались в предыдущих моделях. Использование этой процедуры при переходных процессах дает выигрыш в требуемом расчетном времени, что во многих случаях есть определяющим критерием.

Перелік посилань:

1. Расчет на статическую и циклическую прочность верхнего блока и главного разъема реактора энергоблока № 4 ОП ЗАЭС.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАЧАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА ПАРООБРАЗОВАНИЯ В ПЕРЕГРЕТОЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ВОЛНЫ ДЕКОМПРЕССИИ

Одним из эталонных инструментов для валидации-верификации расчетных кодов вычислительной гидродинамики на предмет прогнозирования характеристик мультифазного потока с интерфейсным массообменом, есть фундаментальный эксперимент Эдвардса [1]. Основной физический смысл, которого состоит в прогнозировании характеристик потока перегретой жидкости во время движения в ней волны декомпрессии при интенсивном объемном парообразовании.

Контрольные задачи процедуры тестирования кода можно разделить на две категории. В первой оценивается способность расчетного кода прогнозировать общую динамику переходного процесса. Опыт показывает, что вне зависимости от способности кода описывать глубину физического процесса (1-D - системные или 2D/3D - CFD) количественные оценки практически идентичные между собой, а среднее во времени отклонение от эксперимента менее 10% (Рис. 1). Вторая категория тестирования относится к расчетным кодам, которые способны моделировать феномен в глубину, детализируя основные физические процессы. Так, например, полученные результаты на первом этапе есть не представительными в применении к усовершенствованию расчетной модели ВВЭР-1000 [2] поскольку начальная динамика прогнозируется неточно (отклонение более 37%). Анализ результатов эксперимента первых 1-4 мс указывает на вероятный паровой взрыв, который приводит к образованию паровой подушки и существенному снижению скорости ударной волны. Моделирование такого процесса с помощью CFD весьма нетривиально. В области образования паровой подушки необходимо отслеживать поверхность разделения фаз (процесс близкий к равновесному), при этом в остальном объеме среда диспергированная, условная граница которой движется во времени (процесс неравновесный). В данной работе предложен способ в рамках подхода «Эйлер-Эйлер» в котором вводится специальная функция межфазной интенсивности теплообмена, обеспечивающая в выходном сечении резкое парообразование, имитируя процесс парового взрыва.

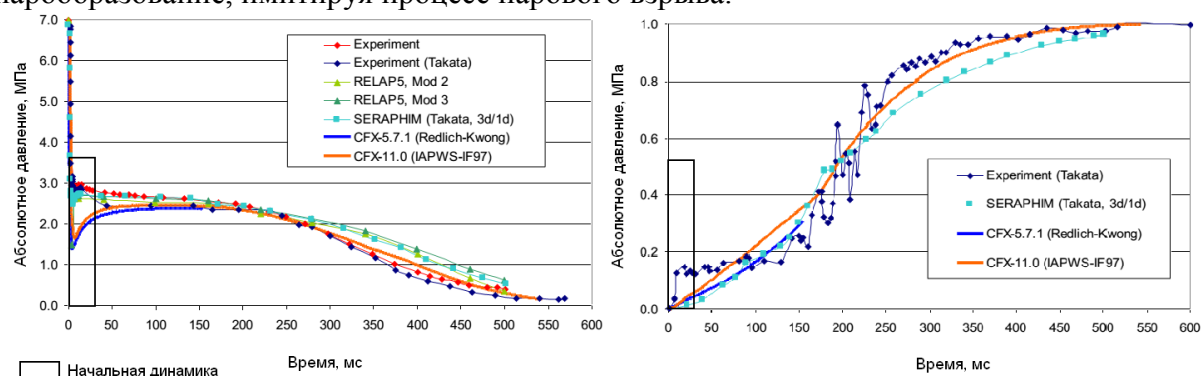


Рис. 1 – Сравнение прогнозируемых и экспериментальных характеристик двухфазной среды

Перелік посилань:

1. Edwards A. Studies of phenomena connected with the depressurization of water reactors / A. Edwards, T. O'Brien. // J. Br. Nucl. Energy Soc.. – 1970. – №9. – pp. 125–135.
2. Dubyk Y., Dynamic assessment of the Core Barrel during Loss of Coolant Accident / Y. Dubyk, V. Filonov, O. Ishchenko, I. Orynyak, Y. Filonova // Proceedings of the ASME 2018 Pressure Vessels and Piping Conference PVP2018-84762. — July 15-20, 2018, Prague. — 10p

СЕКЦІЯ №2

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

Аспірант Мартиненко Г.С.
Проф., д.т.н. Кравець В.Ю.

НАНОРІДИНИ ЯК ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕПЛОНОСІЇ

Підвищення робочих характеристик систем охолодження та інтенсифікація теплообміну є важливим етапом забезпечення продуктивної роботи будь-якого приладу. Однією з тенденцій у цьому напрямку є підвищення теплопередавальної здатності пристроїв при невеликих масо-габаритних характеристиках та низьких термічних опорах.

Ефективними складовими елементами систем охолодження є замкнуті двохфазні термосифони, де у якості несучих рідин можуть використовуватися вода, органічні рідини, полімерні розчини тощо.

Кипіння рідин характеризується інтенсивною тепловіддачею, особливо при використанні у якості теплоносіїв так званих нанорідин – колоїдних розчинів, що складаються з несучої рідини і дисперсних наночастинок з характерними розмірами від 1 нм до 100 нм, які мають високі теплопровідні властивості [1, 2, 3]. Такими твердими наночастинами є частки хімічно стійких металів і їхніх оксидів. Часто використовуються нанорідини на основі вуглецевих нанотрубок, які показали високу ефективність [4].

Характерною властивістю нанорідин є те, що при кипінні на поверхні нагріву відбувається утворення наноструктур різноманітної архітектури, пористості, шорсткості, які формуються з наночастинок. Це викликає інтенсифікацію теплообміну [5].

Вивченням властивостей нанорідин та їх практичного застосування інтенсивно займаються численні наукові групи в багатьох країнах світу (США, Корея, Китай, Японія, Англія та ін.). Незважаючи на велику кількість робіт у цій області багато проблем залишаються маловивченими, а отримані результати носять найчастіше суперечливий характер. Насамперед, це обумовлено:

- недостатнім розумінням процесів передачі тепла у нанорідинах;
- складністю приготування робочого тіла;
- особливостями експериментальної техніки;
- достовірністю отриманих результатів.

Відповідно до цього, виникають труднощі при побудові фізичних моделей теплообміну та виведенні розрахункових залежностей. Але можливість досягнення високих теплообмінних характеристик термосифонів при застосуванні таких теплоносіїв дозволить покращити загальну ефективність роботи систем охолодження, тому доцільно вивчати вплив різних факторів на теплообмінні процеси, які мають місце для нанорідин.

Перелік посилань:

1. Безродный М.К. Процессы переноса в двухфазных термосифонных системах/ М.К. Безродный, И. Л. Пиоро, Т. О. Костюк. – Киев: Факт, 2003. - 480 с.

2. Кравець В.Ю. Процеси теплообміну у мініатюрних випарно-конденсаційних системах охолодження/ В.Ю. Кравець. – Харків: ФОП Бровін О.В., 2018. - 288 с.

3. Das S.K., Choi S.U.S., Yu W., Pradeep T. Nanofluids: science and technology. N.J.: Wiley-Interscience, 2007. p. 397.

4. Бондаренко Б.И, Морару В.Н., Кравец В.Ю., Бехмард Г. Влияние наножидкостей на теплопередающую способность миниатюрных термосифонов для охлаждения электроники // Письма в ЖТФ, 2019, том 45, вып. 6. с. 54.

5. Bondarenko B.I., Moraru V.N., Sydorenko S.V., Komyshev D.V., Khovavko A.I., Snigur A.V. Some peculiarities of heat exchange at pool boiling of aluminosilicates-water based nanofluids // Proceedings of the 8th International Symposium on Heat Transfer, October 21-24, 2012, Beijing, China, ISHT8-04-05, pp.181-190.

СУМІШЕВИЙ ТЕПЛОНОСІЙ В КРІОКУЛЕРАХ

Температури в діапазоні від 120 до 80 К застосовуються в нафто-хімічній промисловості, вакуумній техніці, радіоелектроніці для охолодження напівпровідників для реєстрації гамма-випромінення на АЕС. Для забезпечення високих параметрів германієвого детектора, його чутливий елемент необхідно охолоджувати до температури рідкого азоту (77 К). Для цього можуть застосовуватись різні способи – заливка рідким холодоагентом, багатокаскадні термоелектричні охолоджувачі, газові мікрокріогенні машини і т.п. Вказані методи охолодження мають свої переваги та недоліки.

Перспективним методом дотримання стабільної температури охолодження германієвого детектора, є застосування дросельного кріокулера, який працює по циклу Лінде зі сумішевим теплоносієм [1]. Отримання низьких температур в таких установках, реалізується завдяки регенерації теплоти і процесу дроселювання.

При застосуванні в якості робочого тіла чистої речовини (азот, аргон, неон, кисень) отримати високу ефективність дросельної системи, яка визначається ексергетичним ККД η_e практично не можливо. Для отримання корисної холодопродуктивності і високого показника ефективності, слід застосовувати робочі тіла з позитивним дросель-ефектом $\Delta i_{T_{н.с}} > 0$ при $T_{н.с}$. Чим більше Δi_T , тим більшу теплоту q_0 можна відвести від охолоджуваного об'єкта.

Енергетична ефективність суттєво зростає, якщо в якості робочого тіла застосовувати сумішевий багатокомпонентний холодоагент. В даному випадку можливо підібрати склад теплоносія таким чином, щоб виконувалась умова $\Delta i_{T_{н.с}} > 0$ і $C_{Fm} \leq C_{Fn}$, що взагалі неможливо для чистих речовин.

Сумішевий холодоагент має відповідати наступним параметрам:

- озонобезпечність і не викликати парниковий ефект;
- забезпечення ефективного теплообміну в прямому і зворотньому потоках;
- присутність в суміші компонента з відповідною температурою кріостатування;
- відсутність замерзання мастила та компонентів суміші в контурі охолодження.

Невід'ємною частиною кріокулера є рекуперативний теплообмінник від ефективності якого в значній мірі залежить всі характеристики кріогенної установки. Для розрахунку теплообмінного апарата потрібно володіти термодинамічними і теплофізичними властивостями холодоагента. Потрібно знати: $\lambda = f_1(P, T)$; $\mu = f_2(P, T)$; $c_p = f_3(P, T)$; $\vartheta = f_4(P, T)$; $i = f_5(p, t)$. Для чистих теплоносіїв (N_2, O_2, Ar, Ne, He) такі залежності можна знайти в роботі [2]. Для багатокомпонентних сумішей ця інформація у різних авторів відрізняється.

Варто провести дослідження по визначенню теплофізичних і термодинамічних властивостей багатокомпонентних сумішевих холодоагентів.

Перелік посилань:

1. Detlor J., Protenhauer J., Nellis G., 2018. Experimental desing of a Joule-Thomson cryocooler for mixture optimization of a mixed-gas Joule-Thomson cycle. Cryocoolers 20, 305-315.
2. Справочник по физико-техническим основам криогеники. М., "Энергия", 1973. 387 с. Авт.: М. П. Малков, И. Б. Данилов, А. Г. Зельдович, А.Б. Фрадков

ВЛИЯНИЕ ВЫСОТЫ ОГРАНИЧЕНИЯ НА КОЭФФИЦИЕНТЫ ТЕПЛОТДАЧИ ПРИ КИПЕНИИ НА ПОРИСТОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Миниатюризация РЭА приводит к ужесточению требований к габаритам систем охлаждения, в частности к таким теплопередающим устройствам, как тепловые трубы и паровые камеры. Вследствие этого возникает необходимость учитывать силы, которые не столь существенны при больших размерах теплопередающих систем.

Такая тенденция особо выражена в паровых камерах, где высота парового пространства варьируется от миллиметров до десятых долей миллиметра, что существенно влияет на теплотранспортные характеристики.

Предварительные исследования (рис.1) проведенные на образцах с ограниченным паровым пространством (рис 2) демонстрируют существенное влияние высоты парового пространства на коэффициенты теплоотдачи в зоне испарения паровой камеры.

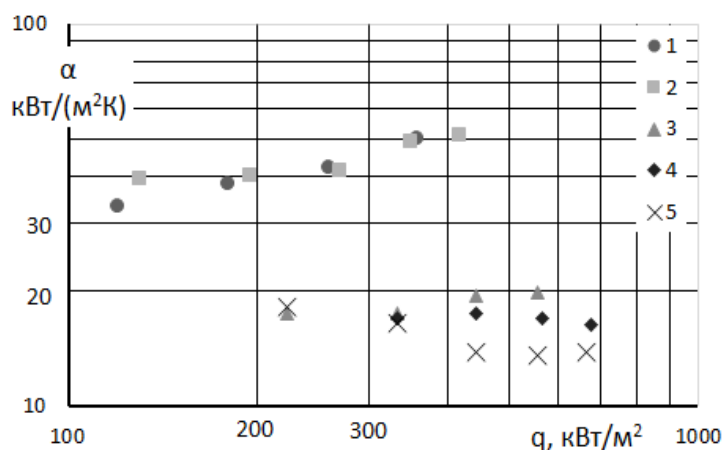


Рисунок 1 – Сравнение коэффициентов теплоотдачи при кипении на пористой поверхности в зависимости от высот ограничений:

1. Высота ограничения 5мм
2. Высота ограничения 2 мм
3. Высота ограничения 0,4мм
4. Высота ограничения 0,4 мм
5. Высота ограничения 0,15 мм

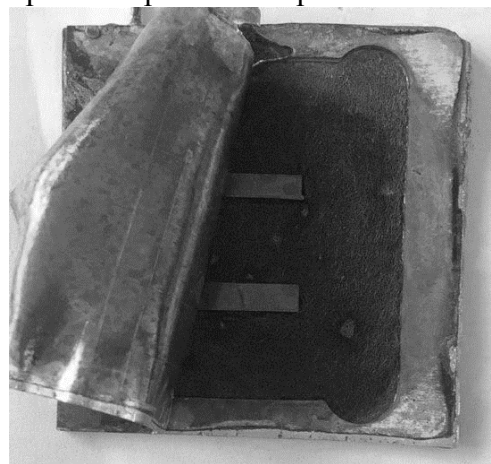


Рисунок 2 – Общий вид образца со стесненным паровым пространством

1,2 – результаты [1]. 3,4 – результаты, полученные в ходе испытаний образцов двухфазных систем с ограниченным паровым пространством.

3. – $\delta_{пп} = 0,4$ мм, $\Pi = 48\%$, 4. – $\delta_{пп} = 0,4$ мм, $\Pi = 88,9\%$, 5. - $\delta_{пп} = 0,15$ мм, $\Pi = 74\%$,

Перечень ссылок:

1. Баскова А.А. Влияние свойств капиллярной структуры на интенсивность теплоотдачи при кипении в ограниченном объеме. А. А. Баскова, В. Ю. Кравец, О. С. Алексеик, Н. Л. Лебедь. Восточно-Европейский журнал передовых технологий №74, 2015 с. 42-46.

СХЕМА ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ ТРУБ В ПРИЙМАЛЬНО-ПЕРЕДАВАЛЬНОМУ МОДУЛІ АФАР

Принцип роботи радара полягає в тому, що він випромінює зондуєчий сигнал в середовище, яке зондує, потім приймає та аналізує повернутий сигнал. Знаючи характеристики повернутого сигналу, можна визначити деякі відомості про ціль, наприклад: відстань до неї, швидкість і т.д. Випромінювання і прийом сигналу відбувається за допомогою антени. Сучасні спеціальні антенні системи є досить складними і використовують електронне сканування, основним принципом якого є керування фазами сигналів. Найбільш ефективними є активні фазовані антенні решітки (АФАР) з великою кількістю комірок, що мають свій приймально-передавальний модуль (ППМ) з НВЧ-транзисторами. Ця складна система АФАР виділяє досить велику кількість теплоти, що вимагає проведення досліджень зі створення нових систем охолодження. Для цього пропонується прокласти теплові труби (ТТ) під НВЧ-транзисторами ППМ, які будуть розсіювати теплоту по всій поверхні корпусу-радіатора (рис. 1).

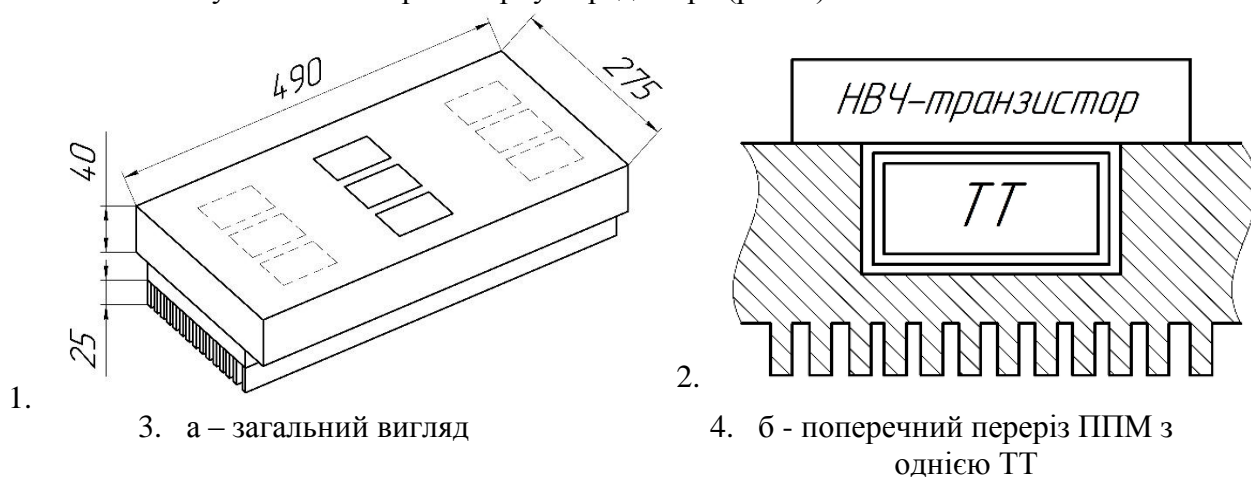


Рисунок 1 – Схема конструкції ППМ з тепловими трубами:

Краще використовувати ТТ прямокутного перерізу або плоскоовальні ТТ, що дасть можливість простішого монтування їх в тіло корпусу-радіатора і забезпечити більш надійний тепловий контакт. Плоскоовальну трубу можна отримати з труби круглого перерізу шляхом нагрівання до певних температур і «сплюснення» [1] (рис. 2).

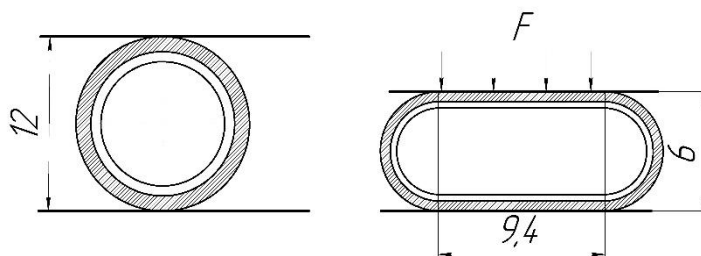


Рисунок 2 – Схема виготовлення плоскоовальної ТТ

Перелік посилань:

1. Le-lun JIANG, Yong TANG, Wei ZHOU, Lin-zhen JIANG, Long-sheng LU, Fabrication of flatten grooved-sintered wick heat pipe, Trans. Nonferrous Met. Soc. China, 23 (2013), 2714–2725.

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО СТАНУ НАНОСУПУТНИКА POLYITAN-4-BIO

У 2010 році Національним управлінням з аеронавтики й дослідження космічного простору (НАСА), Каліфорнійським політехнічним інститутом та Стенфордським університетом була створена ініціатива із запуску наносупутників (НС) формату CubeSat, яка надає можливість запуску стандартизованих супутників некомерційним організаціям та освітнім установам.

НС формату CubeSat мають невелику вартість (декілька десятків тисяч USD), масу (до 10 кг) і габарити (100x100x100 мм — U1, до 100x100x600 мм — U6). Ці фактори значно спрощують і здешевлюють проведення, зокрема біоекспериментів, в умовах космічного простору, якщо порівнювати з вартістю проведення дослідів на Міжнародній космічній станції (МКС). Наразі в КПІ ім. Ігоря Сікорського здійснюється розробка НС PolyITAN-4-Bio. Головною особливістю PolyITAN-4-Bio є спеціально сконструйований герметичний контейнер з атмосферою, характерною для життєдіяльності рослин. Його призначення — підтримка розвитку рослини в умовах мікрогравітації, а саме африканської орхідеї.

Особливість дослідження — самостійний розвиток рослини при впливі факторів космічного простору — мікрогравітації, радіації та ін.

Забезпечення теплового та атмосферного стану контейнера НС є важливою складовою його функціонування на орбіті. Різні пристрої НС мають різні допустимі температурні діапазони, за межами яких вони можуть стати тимчасово або постійно непридатними. Особливо актуальним це питання є при моделюванні теплового стану біологічного атмосферного середовища для розвитку рослин [1]. НС на орбіті нагріваються тепловим випромінюванням безпосередньо від Сонця, відбитим і власним випромінюванням Землі [2,3], а також в тіні Землі охолоджується до низьких температур, тобто зазнають знакозмінної теплової дії.

Метою моделювання теплового стану НС PolyITAN-4-Bio є знаходження зовнішніх теплових потоків спрямованих на НС та отримання поля температур з урахуванням наявності знакозмінної дії на орбіті та забезпечення біологічного середовища всередині контейнера — особливо за вологістю та температурою.

З метою розрахунку зовнішнього теплового навантаження та температурних полів в програмному пакеті ESATAN, що базується на методі зосереджених параметрів, була розроблена тепла модель НС PolyITAN-4-Bio. Отримані дані будуть використані для забезпечення адекватності функціонування НС при моделюванні теплового стану у термовакuumній камері, що дозволить уточнити результати комп'ютерного розрахунку.

Перелік посилань:

1. Дж. Хайнс, "Біологічні місії наносупутників і технології в НАСА-дослідницькому центру Еймса", НАСА Еймс дослідний центр (ARC), Моффетт Філд, Каліфорнія, США, 2015.
2. J.P. Enright, R.J. Sedwick, D.W. Miller., "High-Fidelity Simulation for Spacecraft Autonomy Development", Canadian Aeronautics and Space Journal 1, 2002.
3. Miss Whitney Q. Lohmeyer, Dr. Kerri Cahoy, "Space weather radiation effects on geostationary satellite solid-state power amplifiers", AGU Space Weather, 2013.

ТЕПЛОБМІННИК ПРИПЛИВНОЇ УСТАНОВКИ КОТЕЛЬНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Котельня передбачена для тепlopостачання систем опалення, гарячого водopостачання та вентиляції житлових будинків на вул. Маршала Гречка та просп. Пpавди у Подільському районі м. Києва. Основним елементом теплової схеми є котли "Logano plus GB402-620" теплової потужності 578,2 кВт, виробництва фірми "Bosch Thermotechnik GmbH", Німеччина.

Для забезпечення проектного ККД котла необхідно, щоб температура повітря для утворення паливної суміші була не нижче $+12^{\circ}\text{C}$. З метою забезпечення цієї вимоги, організацією ТОВ «Алміс» було вирішено включити в теплову схему котельні (рис.1.) теплообмінник, який включено у систему гарячого водopостачання. На основі аналізу існуючих типів теплообмінних апаратів у якості прототипу було обрано рекуперативний теплообмінник типу ПН - 57. У результаті виконання роботи виконано розрахунок конструктивних, теплових і гідродинамічних характеристик теплообмінного пристрою [1], який забезпечує задані параметри повітря.

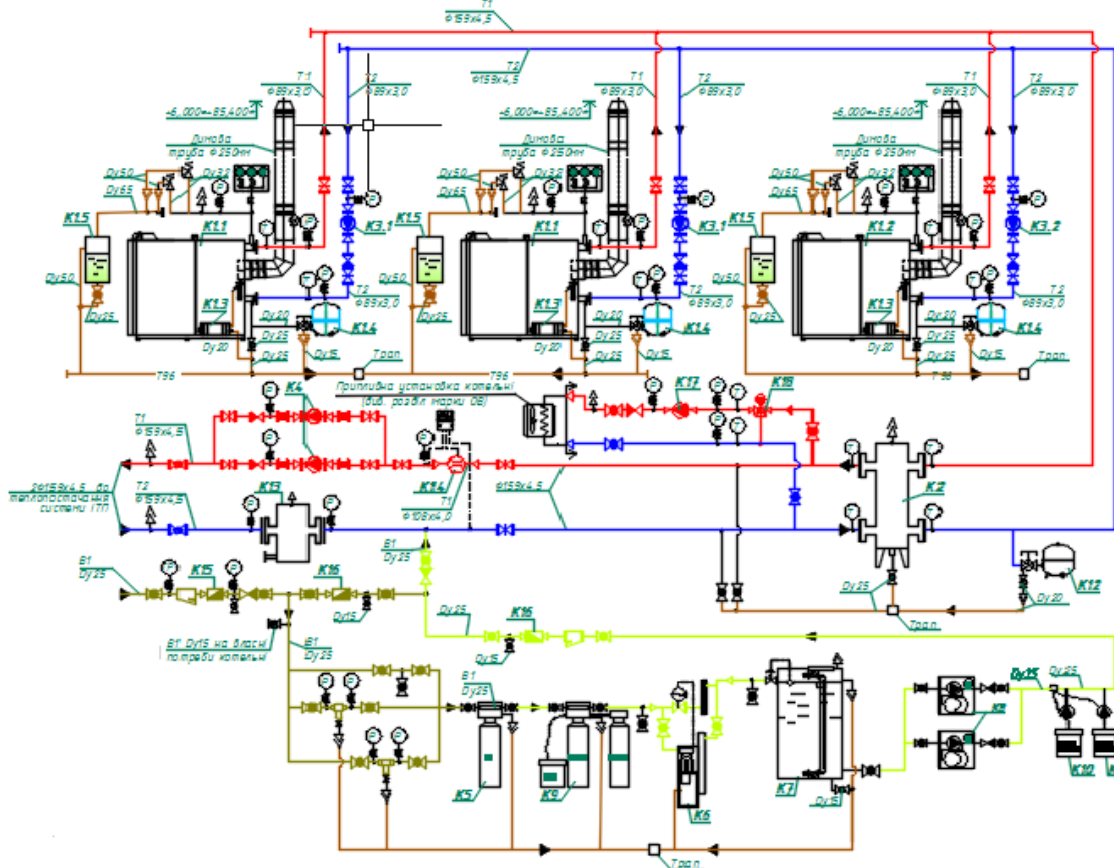


Рисунок 1 – Принципова схема котельні з місцем розташування теплообмінника припливної установки

Перелік посилань:

1 Цыганков А.С. Расчеты теплообменных аппаратов. Санкт-Петербург: Государственное союзное издательство судостроительной промышленности, 1956. 264с.

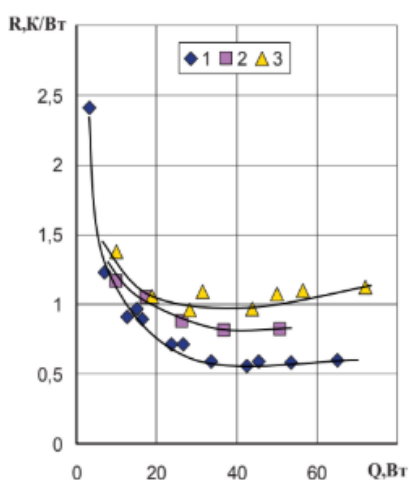
ВПЛИВ ЗОВНІШНЬОГО ОРЕБРЕННЯ ЗОНИ КОНДЕНСАЦІЇ НА ТЕПЛОПЕРЕДАВАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОВОЇ ТРУБИ

В останній час велика увага приділяється розробці систем охолодження приладів на основі більш досконалих теплопередавальних елементів – теплових труб [1].

Специфічні особливості теплових труб дозволяють трансформувати густину теплових потоків, рознести в просторі джерело та приймач теплоти, підвищити ізотермічність поверхні, що охолоджується і стабілізувати її температуру без додаткових затрат енергії. Проте, широкому використанню таких пристроїв перешкоджає обмеженість сучасних методів проектування, що дозволяють в повній мірі реалізувати їх потенційні можливості в умовах даного застосування.

Для збільшення максимальної кількості теплоти та зменшення температури в зонах теплової труби необхідно інтенсифікувати теплообмін в зонах теплової труби, в тому числі зоні конденсації.

Існують дослідження, які показують, що при збільшенні витрати охолоджуючої рідини кількість теплоти, що передає труба, збільшується, а її термічний опір зменшується (рис.1).



1 – $G = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$; 2 – $G = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$;
3 – $G = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$

Рисунок 1 - Вплив витрати охолоджуючої рідини на термічний опір теплової труби при її горизонтальному розташуванні [2]

Проте, не завжди існує можливість інтенсифікувати процес охолодження, існують певні обмеження, наприклад, обмеження потужності вентилів та насосів, гідравлічні характеристики установок тощо. В цьому випадку для збільшення відведеної кількості теплоти можна збільшити поверхню зони конденсації, зокрема нанести оребрєння.

Досліджувалися теплопередавальні характеристики мідної теплової труби зовнішнього діаметра 6 мм, загальною довжиною 230 мм. В якості пористої структури використані мідні волокна діаметром 20 мкм, довжиною 3 мм, пористість 83%. Для збільшення площі поверхні зони конденсації виконані мідні квадратні ребра з розмірами 50x50 мм.

В рамках даної роботи був проведений розрахунок зовнішнього оребрєння теплової труби в зоні конденсації. В результаті експерименту було отримано покращення теплопередавальних характеристик теплової труби.

Перелік посилань:

1. Улитенко А.И., Гуров В.С., Пушкин В.А. Принципы построения индивидуальных систем охлаждения электронных приборов и устройств. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 286 с., ил.
2. Кравец В. Ю., Некрашевич Я. В., Гончарова А. П. Сопротивления миниатюрных тепловых труб. – М.: Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2011. – 60 с., ил.

ВПЛИВ ГРАВІТАЦІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ НА ТЕПЛОПЕРЕДАВАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МІНІАТЮРНОЇ ТЕПЛОВОЇ ТРУБИ

За останні роки інтерес до теплових труб як до високоефективного теплопередавального пристрою безперервно зростає. Вони широко застосовуються в різних областях техніки: медицини, радіоелектроніки, енергетики. Це вимагає створення мініатюрних теплових труб (МТТ), які зможуть передавати великі теплові потоки.

При зниженні габаритних характеристик і одночасному збільшенні теплового навантаження на елементи, постає проблема створення ефективних систем охолодження апаратури, найкращим вирішенням якої є застосування системи охолодження на основі МТТ [1].

Аналіз літературних джерел показав, що остаточно не визначено вплив орієнтації в просторі на теплопередавальні характеристики МТТ. Недостатня кількість досліджень в цьому питанні гальмує як подальше вивчення теплопередавальних характеристик, так і розробку методики проектування МТТ та систем теплопередач і тепловідводу на їх основі. В [2] були проведені дослідження МТТ у трьох положеннях: $+90^\circ$, 0° , -90° .

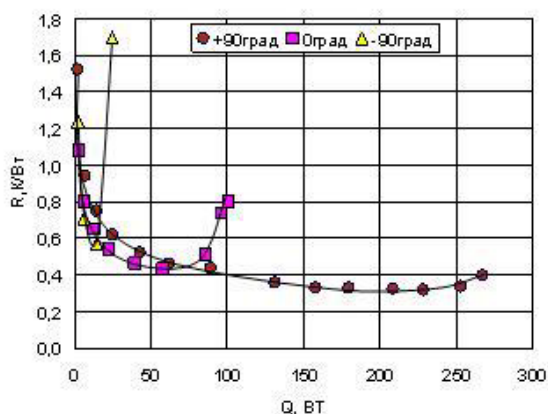


Рисунок 1 – Вплив сил гравітації на термічний опір МТТ: $\Pi=82\%$, $d_{пп}=4\text{мм}$ [2]

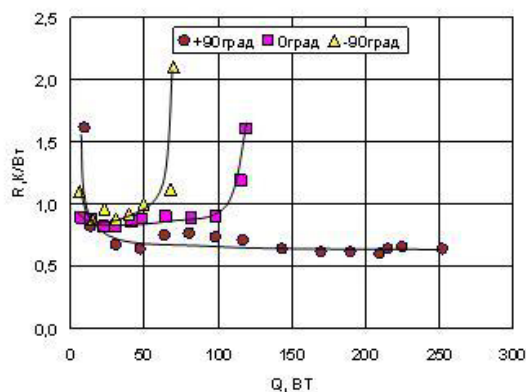


Рисунок 2 – Вплив сил гравітації на термічний опір МТТ: $\Pi=70\%$; $d_{пп}=3\text{мм}$ [2]

Дані результати не дають повного уявлення про всі можливі варіанти розміщення МТТ для оптимального режиму роботи. Тому в даній роботі, шляхом подальших досліджень аналізується ефективність не врахованих раніше значень кутів нахилу.

Перелік посилань:

1. Кравец В.Ю. Теплопередающие характеристики тепловых труб с металловолокнистой капиллярной структурой / В. Ю. Кравец., Е.Н. Письменный, В.И. Коньшин // – Сб.науч. тр. СНИЯЭиП. Севастополь, 2004. - Вып. 12.- С.254 –260.
2. Кравец В.Ю. Теплообмін в мініатюрних випарувально-конденсаційних системах охолодження: автореф.дис. на здобуття наук. ступеня док. техн. 05.14.06 «Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика» / В. Ю. Кравец. – Київ, 2016. – 41 с.

УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ДЕРЕВ'ЯНОЇ ТРІСКИ (БІОМАСИ)

Біомаса – це поновлюване джерело енергії, органічний матеріал, який утворюється з рослин, мікроорганізмів і тварин: трав'янисті рослини, дерево, зернові культури, морські рослини, водорості, стічні води, гній і т.д. На планеті щорічно утворюється близько 170 мільярдів тон первинної біологічної біомаси, практично такий самий обсяг і руйнується [1].

Одним з прикладів використання біомаси в енергетиці є газифікація дерев'яної тріски. Можна виділити два фактори які суттєво впливають на процес газифікації: вологість та дисперсність тріски [2]. При проектуванні даної установки дисперсність була вирішена конструктивно, тому основним питанням стала вологість.

Прототипом даної установки слугує сушарка дерев'яної тріски промислового типу, яка повинна забезпечити вологість тріски не вище 13%.

Для дослідження процесу сушки та його подальшого можливого удосконалення було спроектовано установку, схему якої подано на рис.1, що складається з таких систем:

- 1) система нагріву сушильного агенту;
- 2) система забезпечення необхідної витрати сушильного агенту;
- 3) система вимірювань, що складається з:
 - а) температури на поверхні калориметра;
 - б) температури сушильного агенту на вході та виході робочої ділянки;
 - в) вологості повітря на вході;
 - г) втрати тиску;
 - д) поле швидкостей та температуру на виході з робочої ділянки;

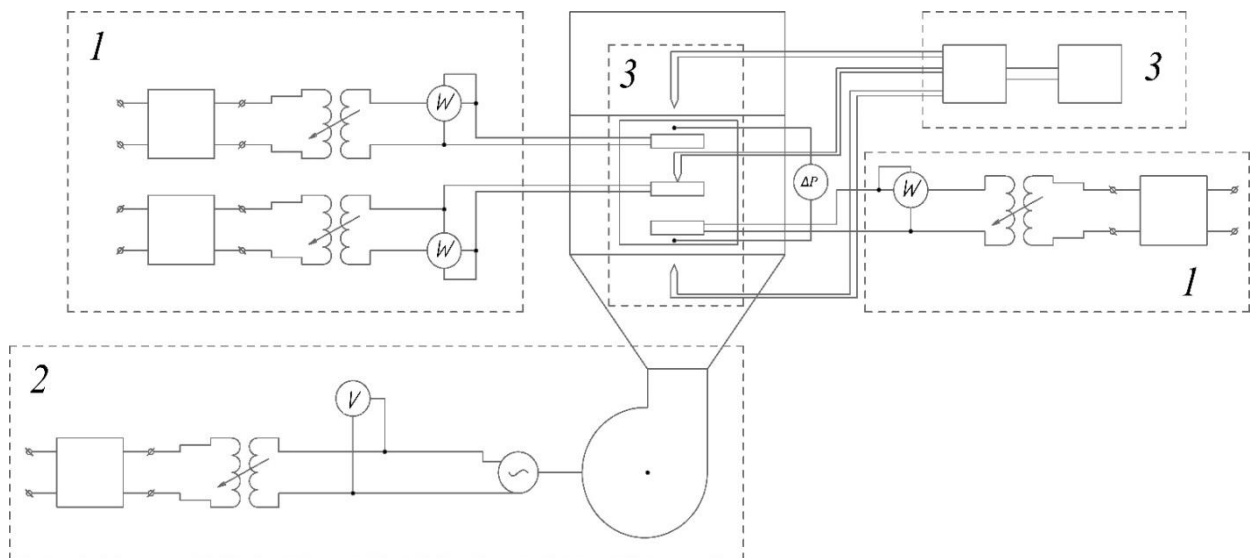


Рисунок 1 - Схема установки для дослідження процесу сушіння дерев'яної тріски

Перелік посилань:

1. Біомаса URL: <https://eenergy.com.ua/baza-znan/biomasa/> (дата звернення 10.03.2019)
2. В. А. Лямин Газификация древесины М. «Лесная промышленность» – 1967. 262 с.

УДК 536.248.2

Студент 4 курсу, гр. ТФ-51 Ліпницький Л.В.
Асист. Алексеїк О.С.

ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ АКУМУЛЯТОРА ВАГОНУ ПРИ ОХОЛОДЖЕННІ ТЕПЛОВИМИ ТРУБАМИ

Сучасні пасажирські вагони оснащені складним радіо-, електро- та холодильним оснащенням. У системах електропостачання пасажирських вагонів використовуються акумуляторні батареї (АКБ) для живлення споживачів вагону під час стоянок, а також при невеликих швидкостях руху потягу.

Електрична енергія акумуляторних батарей використовується для опалення, вентиляції та освітлення вагону, живлення різноманітної апаратури, а також пристроїв, що забезпечують безпеку руху потягів, охолодження повітря, приведення у дію різноманітних приладів, що підвищують комфорт пасажирів і полегшують працю поїзної бригади.

Останнім часом поширення отримали літій-іонні акумуляторні батареї, що мають ряд переваг і недоліків.

Підвищення температури в літій-іонних акумуляторах завжди було основною проблемою для конструкторів. Для більшості літій-іонних акумуляторів гранична температура в режимі заряду встановлена 45 °С, а в режимі розряду 60 °С [1]. Ці межі можна змістити вгору, але ціною зменшення терміну служби акумуляторів, а в гіршому випадку це може привести до пошкодження, або навіть займання елементів акумулятора.

В рамках даної роботи було створено систему охолодження акумуляторів пасажирського вагону з використанням двохфазних систем (конкретно – теплових труб) [2].

Загальний вид даної системи представлено на рис. 1, а також отримано температурний режим заданого акумулятора з використанням програмного забезпечення ANSYS, що представлено на рис. 2.

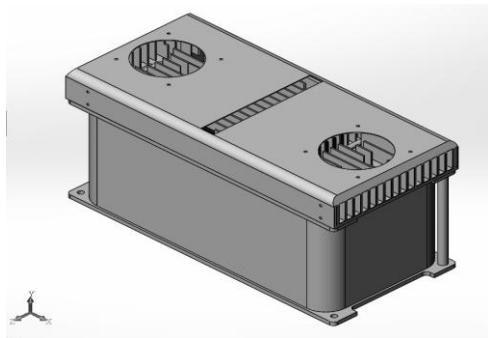


Рисунок 1 – Загальний вид акумулятора зі встановленою системою охолодження

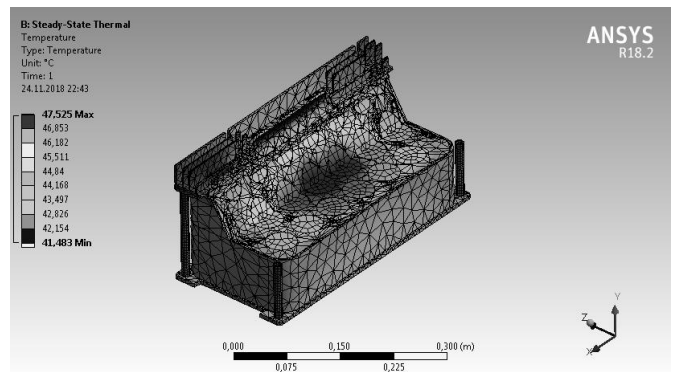


Рисунок 2 – Температурний режим акумулятора з використанням ТТ

Було проведено співставлення результатів моделей з використанням теплових труб і без них, в результаті чого було зроблено висновки: дана система охолодження дозволяє використовувати Li-Ion акумулятори в кліматичних умовах до 40°C, що, наприклад, може збільшити ринок збуту продукції.

Перелік посилань:

1. Андреев И.Н. Электрохимические устройства. Казань: КГТУ, 1999. 84с.
2. Шостаковский П. Современные решения термоэлектрического охлаждения для радиоэлектронной, медицинской, промышленной и бытовой техники. *Силовая электроника*. 2009. № 12. с. 120–126.

УДК 536.248.2

Студент 4 курсу, гр. ТФ-51 Михайлик В.Ю.
Асист. Алексеїк О.С.

СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ НОУТБУКА НА ОСНОВІ ТЕПЛОВИХ ТРУБ

Основною тенденцією в електроніці являється зменшення ваги та збільшення продуктивності. Все це призводить до збільшення теплового навантаження на елементи, необхідності розробки нових та більш надійних охолоджувальних систем.

При розробці охолоджувальних систем для сучасних ноутбуків необхідно враховувати такі параметри як: габаритні розміри, звукові характеристики, надійність, довговічність, ціна та інші.

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

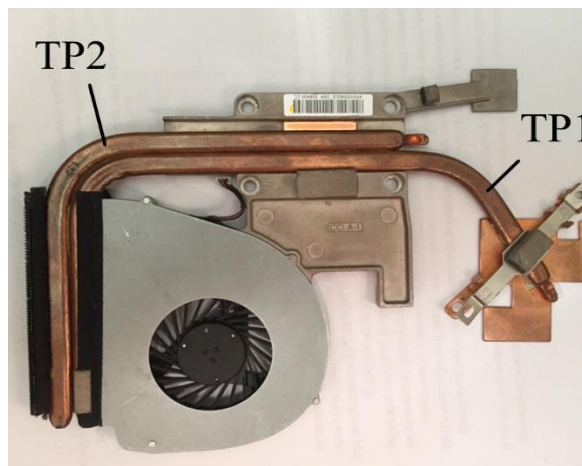


Рисунок 1 – Прототип системи охолодження

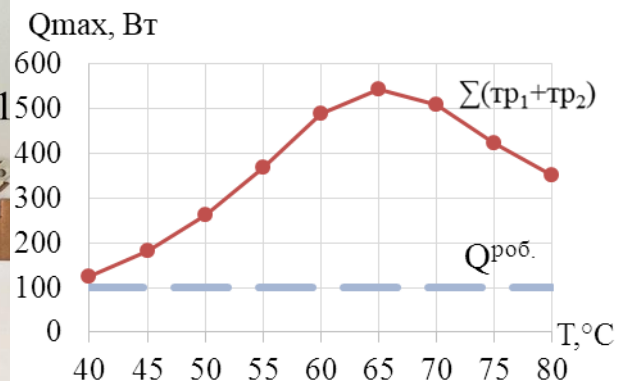


Рисунок 2 – Діаграма Q_{\max}

У більшості сучасних ноутбуків вже використовуються охолоджувальні системи на теплових трубах, в яких капілярно-пориста структура виконана із порошка. В даному проекті використовуються трубки з метало-вокнистою пористою структурою, так як порошкова структура гноту має ряд недоліків, таких як:

- наявність тупикових пор;
- великий гідравлічний опір;
- низький передавальний потік.

В якості прототипу була обрана система на рис. 1, що складається з двох теплових труб з зовнішнім діаметром 6мм, довжиною 0,26м (тр₁) і 0,2м (тр₂) виготовлених з міді.

Було проведено оптимізацію параметрів пористої структури, що буде використана при виготовленні теплових труб згідно методики [1]. Було встановлено, що максимальну теплопередавальну здатність в робочому діапазоні температур буде забезпечувати мідна пориста структура з такими характеристиками: пористістю 75%, довжиною волокон 5мм та діаметром волокон 7мкм (рис. 2). В якості теплоносія обрано дистильовану воду.

Перелік посилань:

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

ТЕПЛООБМІН І АЕРОДИНАМІКА ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ З ПЛОСКООВАЛЬНИМИ ТРУБАМИ, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ В УМОВАХ ПРИРОДНОЇ ТЯГИ

В умовах безперервного зростання дефіциту охолоджуючої води і посиленням екологічних вимог актуальною проблемою є вирішення завдання раціонального використання водних ресурсів та скорочення водоемних технологій. Для створення таких систем необхідно застосувати нові теплообмінні поверхні, що поєднують в собі високий ступінь розвинення поверхні, ідеальний термічний контакт між ребрами і несучою трубою, низький аеродинамічний опір та високу технологічність. Таким чином, потреби ринку України в нових ресурсозберігаючих системах повітряного охолодження оборотної води в умовах природної тяги можна ефективно вирішити шляхом застосування теплообмінних поверхонь з новою елементною базою у вигляді оребрених труб зручнообтічної форми.

Робота авторів [1] свідчить, що ефективність труби плоскоовального перерізу у 2 рази перевищує ефективність труби круглого перерізу.

Дослідження конвективного теплообміну виконано для шести шахових пучків, що відрізнялися компоновочними характеристиками труб S_1 (поперечний крок між трубами) та S_2 (поздовжній крок). Кількість рядів у пучку вздовж та поперек потоку відповідно складала $z_2=6$, $z_1=3\dots 4$.

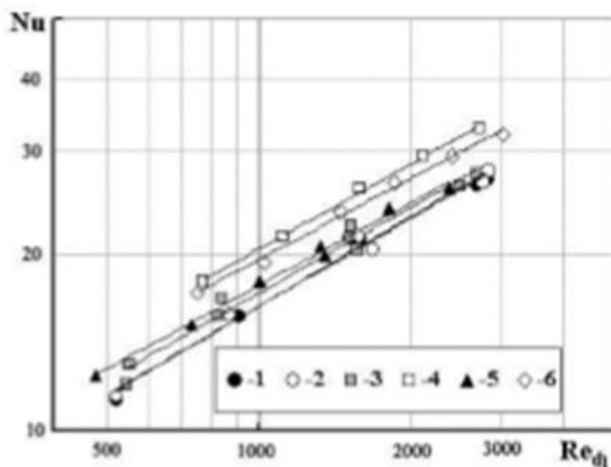


Рисунок 1 – Залежність чисел Нуссельта від чисел Рейнольдса
 1- Пакет №1 ($S_1/S_2=0,6$); 2 - №2 ($S_1/S_2= 0,9$); 3 - №3 ($S_1/S_2= 1,075$);
 4 - №4 ($S_1/S_2= 1,3$); 5 - №5 ($S_1/S_2= 1,433$); 6 - №6 ($S_1/S_2= 1,9$);

Дослідження проводилися в діапазоні чисел Рейнольдса від 500 до 3000 і показали, що параметр розташування труб S_1/S_2 суттєво впливає на теплообмін.

З рис. 1 видно, що пучок з $S_1/S_2=1,3$ (№4) має найбільшу інтенсивність теплообміну, близький за значенням до нього пучок з $S_1/S_2=1,9$ (№6).

По мірі зменшення параметра S_1/S_2 тепловіддача у пучках знижується.

Перевищення за інтенсивністю теплообміну між найкращим пучком №4 та іншими у розглянутому діапазоні чисел Рейнольдса складає 10 - 15%.

Перелік посилань:

1. Письменный Е.Н., Багрий П.И., Терех А.М., Семеняко А.В. Оптимизация оребрения новой теплообменной поверхности на основе плоскоовальных труб. *Инженерно-физический журнал*. 2013. Т. 86. С. 1002-1007.

УДК 536.24:533.6.011

Студент 4 курсу, гр. ТФ-51 Півень К.П.
Доц., к.т.н. Баранюк О.В.

CFD-МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНИХ І МІЦНІСТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТУ

Пластинчасті теплообмінники використовуються на теплогенеруючих підприємствах у всьому світі. Цьому сприяє їх висока компактність, малий гідравлічний опір при одночасно високій інтенсивності теплообміну, простота виготовлення, зручність монтажу і доступність очищення поверхонь від забруднень. На сьогодні розроблено безліч аналітичних та інженерних методів розрахунку теплообміну та гідродинаміки для різних типів пластинчастих теплообмінників. Однак, незважаючи на безперервне зростання публікацій з даної тематики, кількість досліджень шляхом чисельного моделювання за допомогою відомих програмних продуктів для вирішення цього складного завдання вельми обмежена, а їх результати часто носять суперечливий і випадковий характер, а отримані моделі недостатньо детальні і точні. У роботі пропонується на основі фізично обґрунтованих методів CFD-моделювання в середовищі програмного комплексу ANSYS-Fluent розраховувати теплові, гідравлічні та геометричні характеристики пластинчастих теплообмінників розбірного типу.

Розроблена CFD-модель теплообмінного апарату, що складається з 26-ти гладких алюмінієвих пластин. Геометричні параметри пластини обиралися такі: габарити 311x112x0,4мм. В якості гріючого середовища вибрано масло гідравлічної марки А/МГ-32-В/Агрінол ISO VG 32, а в якості середовища, що нагрівається - дистильована вода. Температура масла і води на вході, відповідно 80 °С і 15 °С. Витрата масла, обрана відповідно до рекомендацій [1] становить 2,94 кг/с, при цьому витрата води становить 0,85 кг/с. Використовувалась прямоточна схема руху теплоносіїв.

За допомогою отриманого поля температур розроблена CFD-модель здатна визначити характеристики міцності нашого теплообмінного апарату.

Отримані результати дозволяють успішно проводити інженерний аналіз процесів теплообміну і гідродинаміки в пластинчастому теплообміннику, оцінювати вплив геометричних і режимних характеристик на ефективну роботу теплообмінника і визначити теплогідравлічні характеристики теплообмінника. Отримані результати є базовими для розрахунку пластинчастих теплообмінників з більш складними профілями міжпластинчастих каналів зі східчастими і шевронними гофрами на пластинах. Отримані результати забезпечують швидке виконання інженерних розрахунків і дозволяють своєчасно вносити в документацію зміни, виключаючи необхідність їх внесення на пізніх етапах проектування теплообмінників.

Перелік посилань:

1. Ведерникова М.И., Таланкин В.С. Расчет пластинчатых теплообменников. Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. 29 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛО-ВОЛОКНИСТИХ КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ СТРУКТУР

Розвиток радіоелектронної апаратури формує попит на компактні пристрої, які здатні відводити великі теплові потоки. В якості таких пристроїв, часто використовують теплові труби. Одна з основних їх частин - це капілярна пориста структура. Пористі структури, також, часто використовують в інших галузях, наприклад - як фільтри. Проникність капілярно-пористої структури – одна з важливих характеристик. Цю характеристику використовують для розрахунку максимальної теплопередавальної здатності теплової труби по гідравлічній межі [1].

Була розроблена методика та створена установка (рис.1) для дослідження проникності капілярно-пористих структур.

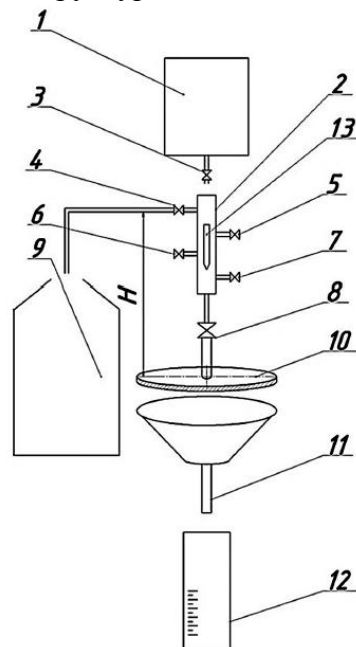


Рисунок 1 – Схема стэнда для дослідження коефіцієнта проникності

Стенд для дослідження проникності структур представляє собою напірний бак з рідиною (1), з якого через регулюючий вентиль (3) рідина подається в напірний циліндр (2). Останній – скляний циліндр, який забезпечує рівномірну подачу рідини у досліджуваний зразок (10). Завдяки відводам (4-7) можна встановлювати заданий рівень рідини, тобто завжди чітко встановлювати гідростатичний напір, який діє на досліджуваний зразок (10). До відводів (4-7) приєднується бак (9) для збору надлишків рідини. Рідина після зразка потрапляє у воронку (11) і вимірювальну ємність (12). Зажим (8) використовується при зміні зразка, щоб не спустошувати напірний циліндр (2). Температура у напірному циліндрі вимірюється за допомогою термометра (13).

Отримано результати для малодосліджених структур з окисненої міді. Досліджено вплив на проникність таких характеристик структури, як пористість та діаметр волокон. Сталою ж характеристикою структури була довжина волокон.

Перелік посилань:

1. Семена М.Г., Гершуни А.Н., Зарипов В.К. Тепловые трубы с металоволокнистыми капиллярными структурами. Киев : Вища шк., 1984. 215 с.

Студент 4 курсу, гр. ТФ-51 Смольченко Д.А.
Доц., к.т.н. Шевель Є.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЛОСКОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА З ВІЛЬНОЮ ЦИРКУЛЯЦІЄЮ ТЕПЛОНОСІЯ

Постійні підвищення цін на енергоносії посилюють пошуки альтернативних джерел енергії, особливо таких, які відновлюються, та не забруднюють довкілля. Європейська Спільнота має наміри на збільшення частки відновлювальних джерел енергії в національному виробництві енергії до 6 %, а до 2030 р. – до 20 %. В Україні показник використання альтернативних видів енергії нині на рівні 0,7 %. Все це спонукає до інтенсивного використання сонячної енергії, оскільки сонце є досконалим, невичерпним і, передусім, безкоштовним джерелом екологічно чистої енергії. Одним зі способів вирішення цього питання є застосування сонячних колекторів (СК), що являють собою пристрої, до складу яких входить пластина й абсорбуючий елемент, що поглинає енергію Сонця, перетворює її на теплову і передає теплоносію.

Найбільш поширеними у цій галузі є плоскі сонячні колектори з використанням алюмінієвих теплових труб (ТТ). Ефективність таких колекторів залежить від ефективності відводу теплоти ТТ. Їх ефективність у колекторі залежить від декількох факторів: 1) початкової температури води; 2) часу виходу системи на стаціонарний режим; 3) густини підведеного теплового потоку [1].

Для визначення теплотехнічних характеристик була сконструйована установка та розроблена методика. Одна з характеристик, а саме залежність тепловіддачі від густини підведеного теплового потоку представлена, на рисунку 1. Результати оброблені і узагальнені за розробленою методикою. На прикладі індивідуальних сонячних водонагрівальних установок продемонстровано, як теплотехнічні характеристики колектора, визначені в результаті його випробувань, можуть бути використані при прогнозуванні ефективності таких установок.

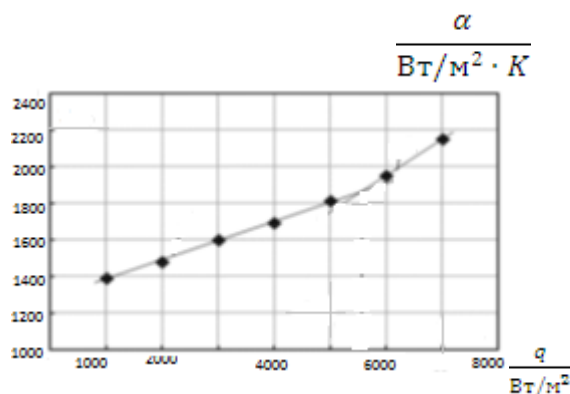


Рисунок 1 – залежність коефіцієнтів тепловіддачі в зоні нагріву від густини підведеного теплового потоку.

Перелік посилань:

1. Хайрнасов С.М., Волощук В. А., Заковоротний А.В., Козак Д.В.. Оцінка ефективності сонячних теплових колекторів на основі алюмінієвих теплових труб при реновації старих зданий: MOTROL. Люблін, 2014. Т. 6, №4. С. 211-218

ТЕПЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМБІНОВАНОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА

У зв'язку з підвищенням цін на енергоносії та погіршенням екології важливим завданням є пошук альтернативних джерел енергії. Одним з найбільш ефективних виходів з даної ситуації є використання сонячної енергії для теплопостачання та електрифікації житлових об'єктів. На сьогодні це здійснюється в основному за рахунок використання теплових сонячних колекторів і фотоелектричних батарей. У цьому аспекті є перспективними роботи, спрямовані на пошук і дослідження нових матеріалів, елементів і конструкцій, наприклад комбінованих сонячних колекторів, які використовують для отримання гарячої води і вироблення електричної енергії. Серед них найкращі показники ефективності мають колектори з використанням алюмінієвих теплових труб. Такі колектори можуть одночасно постачати теплу воду і електричну енергію. Також, завдяки відведенню теплоти тепловими трубами від фотоелектричних батарей, ефективність вироблення електричної енергії росте. Однак теплові характеристики таких колекторів вивчені недостатньо.

Однією з важливих характеристик комбінованого сонячного колектора є ефективність роботи теплових труб при різних густинах підведеного теплового потоку, а також час виходу системи на стаціонарний режим. Для дослідження цих характеристик було сконструйовано установку, а також розроблено методику проведення дослідів.

Було проведено дослідження коефіцієнтів тепловіддачі в зоні нагріву теплових труб залежно від густини підведеного теплового потоку (рисунок 1). Коефіцієнт тепловіддачі в зоні нагріву зростає при збільшенні густині теплового потоку. Результати показали, що в теплових трубах з більшими діаметрами, більш ефективний процес тепловіддачі в зоні випаровування [1].

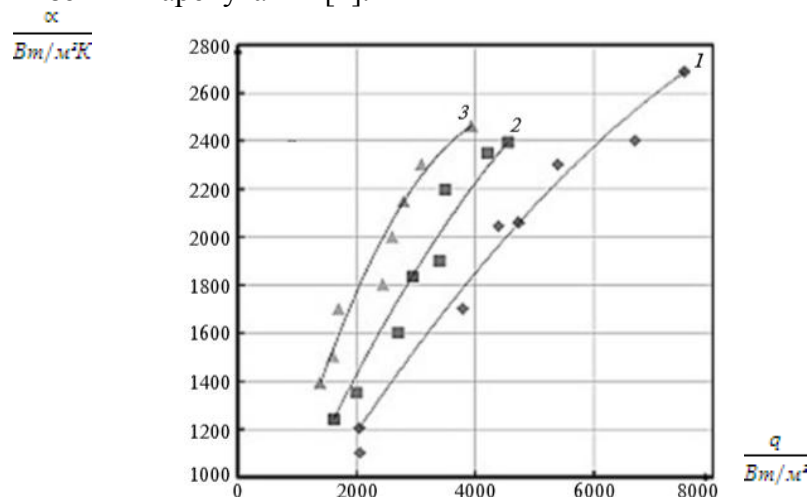


Рисунок 1- Залежність коефіцієнтів тепловіддачі в зоні нагріву від густини підведеного теплового потоку, для ТТ з різними внутрішніми діаметрами: 1 - 8мм, 2 - 10мм, 3 - 14мм.

Перелік посилань:

1. Хайрнасав С.М. Теплопередаючі робочі характеристики алюмінієвих термосифонів для комбінованого сонячного колектора / С.М. Хайрнасав, Б.М. Рассамакін, Є.С. Алексеїк, А.А. Анісімова // Наукові вісті НТУУ "КПІ". Київ, 2014. - Вип. 6.- с. 7.

ВПЛИВ ЧАСУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕРМОСИФОНІВ ІЗ НАНОРІДИНАМИ НА ЇХ ТЕПЛОПЕРЕДАВАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Одним із ефективних елементів систем охолодження являються термосифони. Використання нанорідин в якості теплоносія в термосифоні або звичайних рідин із добавкою невеликої кількості наночасток дозволяє підвищити величину критичного теплового потоку при кипінні в деяких випадках в декілька разів[1]. Під терміном нанорідина розчиняють колоїдний розчин, що складається з базової рідини і дисперсних наночасток. В якості базових рідин можуть бути використані вода, органічні рідини і полімерні розчини. Тверді наночастки зазвичай являються частинками хімічно стійких металів і їх оксидів.

Питанню використання нанорідин в якості теплоносіїв для термосифонів присвячено поки що невелика кількість робіт. Результати досліджень свідчать про те, що добавки нанопорошку до водного теплоносія сприяють збільшенню інтенсивності тепловіддачі в зоні нагріву в порівнянні з чистою водою [1]. При цьому, кращі результати спостерігаються при додаванні в воду порошку оксиду титану та міді (в порівнянні з алюміній-оксидом). Ймовірно, існує деяка оптимальна концентрація нанопорошку в теплоносії, при якій спостерігається максимальна теплопередавальна характеристика термосифону.

Крім того, значний інтерес представляє питання зміни максимальної теплопередавальної спроможності термосифону із нанорідиною, а також його термічного опору протягом тривалого часу експлуатації оскільки при фазових перетвореннях можливе випадання наночасток у вигляді осаду. Незначна кількість робіт [1-3], присвячених даному питанню, не дозволяє прогнозувати характеристики термосифонів, що робить необхідним проведення додаткових досліджень.

Було проведено ресурсні дослідження трьох мідних термосифонів при охолодженні їх в умовах вільної конвекції. У них довжина корпусу 700мм. Зовнішній Діаметр корпусу 6,0мм. Діаметр парового простору 5,0мм. Тип теплоносія – вода. Тип наночасток в термосифоні 1 вуглецеві нанотрубки, в термосифоні 2 синтетичні діаманти, в термосифоні 3 відсутні. Концентрація в термосифоні 1 – 0.1%, в термосифоні 2 – 0.3%, в термосифоні 3 відсутня.

Ресурсні дослідження проводилися протягом 1500 годин безперервної роботи при потужності, близькій до максимальної. Кожні 150 годин визначалися термічний опір та максимальна теплопередавальна здатність термосифонів.

Перелік посилань:

1. Б.И. Бондаренко , В.Н. Морару, В.Ю. Кравец , Г. Бехмард., Влияние наножидкостей на теплопередающую способность миниатюрных термосифонов для охлаждения электроники \ Письма в ЖТФ, 2019, том 45, вып. 6 с54-58
2. Фокин Б.С., Беленький М.Я., Альмяшев В.И., Хабенский В.Б., Альмяшева О.В., Гусаров В.В. \ Письма в ЖТФ. 2009. Т. 35. В. 10. С. 1–5.
3. Дерягин Б.В. \ Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок. М.: Наука, 1986 р. 206 с

ТЕПЛООБМІННИК ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ РАЙОННОЇ КОТЕЛЬНОЇ

Районна котельня призначена для забезпечення систем опалення та гарячого водопостачання житлового макрорайону і має два контури: контур теплопостачання (замкнутий) та контур забезпечення нагріву теплоносія для гарячого водопостачання (розімкнутий). Для забезпечення довготривалої безремонтної роботи котельні доцільно другий контур зробити також замкнутим. Тобто у контурі забезпечення гарячого водопостачання передбачити встановлення проміжного теплообмінника для нагріву води споживачам. Цей захід дозволить зменшити витрати на водопідготовку теплоносія для котлів, до якого висуваються певні вимоги, і забезпечити споживачів гарячою водою.

У системі гарячого водопостачання використовуються наступні типи теплообмінників: кожухотрубчасті, типу труба в трубі і пластинчасті [1].

На основі аналізу характеристик теплообмінних апаратів було обрано у якості проміжного теплообмінника другого контуру пластинчастий теплообмінник. На рисунку 1 представлено загальний вид теплообмінника. Представлена робота присвячена обґрунтуванню вибору даного типу теплообмінного пристрою і визначенню його конструктивних, теплових і гідродинамічних характеристик [2], які забезпечують умови роботи проміжного контуру котельні.



Рисунок 1 – Загальний вид пластинчастого теплообмінника

Перелік посилань:

1. Кичигин М. А., Костенко Г. Н. Теплообменные аппараты и выпарные установки. Москва : Государственное энергетическое издательство, 1955. 393 с.
2. Барановский Н. В., Коваленко Л. М., Ястребенецкий А. Р. Пластинчатые и спиральные теплообменники. Москва : Машиностроение, 1973. 288 с.

МЕТОДИКА URANS ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕПЛООБМІНУ У ВНУТРІШНІХ ТЕЧІЯХ З ПЕРЕШКОДАМИ МІНІМАЛЬНОГО ОПОРУ.

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 масопереносу та теплообміну в теплообмінних апаратах застосовують збурювачі потоку, які здатні збільшувати інтенсивність теплообміну при цьому вимушено збільшуючи гідравлічний опір.

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.

При ознайомленні з літературою були розглянуті наступні інтенсифікатори теплообміну в потоці: кільцева накатка, гвинтові вставки, що представлені у вигляді закрученої стрічки чи шнеку, турбулізатор типу конфузур – дифузур.

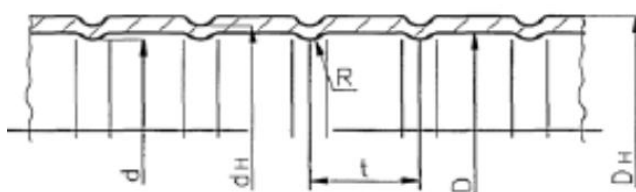


Рисунок 1.1 – кільцева накатка [1]

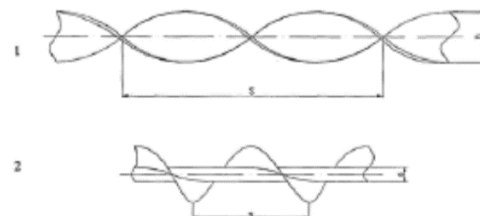
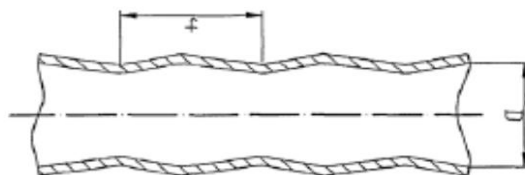
Рисунок 1.2 – гвинтові вставки:
1 - закручена стрічка, 2 – шнек [1]

Рисунок 1.3 – турбулізатор типу конфузур – дифузур [1]

В роботі [1] автори стверджують, що вони отримали збільшення тепловіддачі в 2,3 ... 2,43 рази, але при зростанні гідравлічних опорів в 3,8 ... 4,15 рази, що говорить про низьку ефективність інтенсифікаторів теплообміну.

Таким чином з літературний огляду слідує, що досить часто збільшення інтенсивності теплообміну досягається за рахунок істотного зростання гідравлічного опору. Тому необхідно поєднувати вивчення закономірностей теплообміну в потоці та гідродинаміку цього потоку, а також розробляти нові насадки-збурювачі з мінімальними гідравлічними опорами, які б могли збільшувати інтенсивність теплообміну, при цьому не вносячи великий гідравлічний опір в потік теплоносія. Методика моделювання турбулентних потоків URANS дозволяє враховувати макронестаціонарність потоку, яка виникає за рахунок коливання границь та виникання великомасштабних нестационарних структур в потоці, що суттєво впливає на теплообмін.

Перелік посилань:

1. Кишкин А.А., Краєв М.В., Зуєв А.А. Интенсификация теплообмена. Сибирский журнал науки и технологий., 2005, №4, с. 130 – 134

ВПЛИВ ТИПУ ТЕПЛООБМІННИКА НА ТЕРМОДИНАМІЧНІ І ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОДНОКАСКАДНОЇ КРІОГЕННОЇ УСТАНОВКИ

Робота присвячена дослідженню термодинамічних і тепло-гідрравлічних характеристик кріогенної установки в якій застосовано теплообмінник типу Хемпсона і порівнянню результатів дослідження з застосуванням теплообмінника типу труба в трубі. Холодильна установка працює на суміші холодоагентів на температурному рівні $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На рисунку 1 зображена схема кріогенної установки. В цій системі поршневи́й компресор використовується для стиснення суміші холодоагентів приблизно до 1...2 МПа. Тепло, яке виділяється при стисненні відводиться за допомогою повітряного конденсатора і суміш охолоджується приблизно до температури оточуючого середовища. В теплообміннику прямий потік суміші холодоагентів зріджується, охолоджуючись зворотнім потоком холодоагентів і, при дроселюванні, отримуємо температуру $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ у холодильній камері. Одна з основних проблем при роботі таких систем це збільшення потрапляння компресорного мастила в потік холодоагенту при перегріві компресора [1].

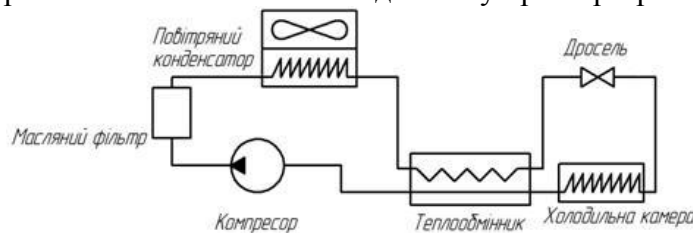


Рисунок 1 - Схема однокаскадної кріогенної устанвоки

На підприємстві НВО «Дніпро-МТО» були проведені дослідження термодинамічних і тепло-гідрравлічних характеристик кріогенної установки з використанням теплообмінника типу Хемпсона і теплообмінника типу труба в трубі. Аналіз результатів досліджень показав, що використання у системі теплообмінника типу Хемпсона дозволяє знизити кількість заправленої суміші холодоагентів майже вдвічі в порівнянні з теплообмінником типу труба в трубі. Завдяки цьому, навантаження на компресор знижується через зменшення масової витрати у системі. Також знижується тиск нагнітання, що дозволяє перейти від потужних стаціонарних до портативних компресорів і використовувати гвинтові та ротаційні компресори замість поршневих, які мають менше енергоспоживання та габарити при однаковій холодопродуктивності, при цьому створюють менше шуму.

Оскільки тепловиділення компресора зменшується одночасно з навантаженням, ризик виходу з ладу установки через закупорення низькотемпературних вузлів мастилом суттєво зменшується. Також зменшується накопичення мастила в теплообмінному апараті в результаті чого покращується його ефективність.

Перелік посилань:

1. Nayak H G and Venkatarathnam G 2017 Occurrence of Dry-out Phenomenon in an Auto Refrigerant Cascade Refrigerator operating with zeotropic mixtures Journal of Thermal Science and Engineering Applications 9(3) 031012

МЕТОДИКА LES ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕПЛООБМІНУ У ВНУТРІШНІХ ТЕЧІЯХ З ПЕРЕШКОДАМИ МІНІМАЛЬНОГО ОПОРУ

Інтенсифікація теплообмінних процесів в елементах енергетичного обладнання при рівних площах теплообміну і при рівних швидкостях одного і того ж теплоносія визначається структурою його течії на теплообмінних поверхнях, під структурою течії розуміють і товщину динамічного прикордонного шару, і режим течії в прикордонному шарі (ламінарний, турбулентний), а також просторові і тимчасові масштаби вихрових збурень в прикордонному шарі, їх інтенсивність. Реалізуючи аналогію Рейнольдса, підвищуючи напруги на обтічній поверхні і тим самим підвищуючи інтенсивність вихрових структур в прикордонному шарі, інтенсифікують теплообмін. Однак процес цей енерговитратний. Мінімізувати енерговитрати на одиницю зміни інтенсивності теплообміну дозволяють структуровані поверхні теплообмінників, що реалізують генерацію пристінкових вихрових структур заданого виду і масштабу.

Структурування обтічних поверхонь - один з найбільш поширених на сьогоднішній день методів інтенсифікації теплообміну, утворення перешкод з мінімальним опором є окремим випадком даного методу і дозволяє істотно збільшити ефективність роботи теплообмінного обладнання шляхом інтенсифікації вихрових збурень в потоці. Інтенсивність тепловідведення і супутнє зростання гідравлічного опору досить складним чином залежать від геометричних параметрів поверхні при зміні чисел Рейнольдса і Прандтля.

Вплив турбулентності внутрішнього потоку на теплоперенос в розвинутому турбулентному пограничному шарі довгий час залишалось малодослідженим[1]. Це обумовлено тим що при такому режиму течії не було підстав очікувати сильної інтенсифікації теплообміну.

Перелік посилань:

1. Жукаускас А., Шланчяускас А. Теплоотдача в турбулентном потоке жидкости. Вильнюс : Минтис, 1973, 327 с.

ТЕПЛОПЕРЕДАЮЧІ ХАРАКТРИСТИКИ ГНУЧКОГО ТЕРМОСИФОНУ

Під час роботи механічних чи електронних пристроїв відбувається виділення теплоти. Високе виділення теплоти призводить до втрати робочих характеристик за рахунок перегріву. Для підвищення терміну дії та ефективності роботи пристроїв використовують різні методи відводу теплоти.

На даний момент існують такі високоефективні теплопередаючі пристрої як термосифони (ТС), що дозволяють відводити тепло від теплонавантажених елементів. Враховуючи широкий спектр застосування, існує досить велике різноманіття термосифонів серед яких можна виділити гнучкі термосифони (ГТ).

Гнучкий термосифон (ГТ) – елемент системи охолодження з вставкою в корпус пристрою між випарником і конденсатором гнучкого елемента або ж просто пристрій з пластичного матеріалу з включенням звичайних металевих секцій. ГТ являються спеціальним видом термосифонів через властивість змінювати орієнтацію в просторі (згинатися), яка притаманна лише цьому виду термосифонів.

На основі огляду літератури можна зробити висновок, що ГТ є мало дослідженими, тому експериментальні дослідження по визначенню доцільності використання гнучких термосифонів є актуальними на сьогоднішній день.

В даній роботі зразком для експериментальних досліджень є ГТ, який являє собою гофровану трубку виготовлену з нержавіючої сталі.

Теплопередаючі характеристики ГТ залежать як від режимних параметрів (величина теплового потоку, температура охолоджуючої рідини в зоні конденсації), так і від геометричних характеристик (загальна довжина, внутрішній діаметр, довжина зони нагріву та зони конденсації, кут вигину ГТ). Одним з критеріїв ефективної роботи термосифонів є низький термічний опір R при максимальній потужності, що передається Q_{max} . Величина термічного опору залежить від інтенсивності тепловіддачі в зонах випаровування і конденсації.

В результаті виконання даної роботи, були визначені значення термічного опору в залежності від орієнтації в просторі термосифону, від ступені вигину, впливу геометричних параметрів та вибору теплоносія.

Перелік посилань

1. 3. Reay D.A. Heat Pipes: Theory, Design, and Applications [Текст] / D.A. Reay, P.A. Kew. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2006. – 377 p.

РОЗРОБКА КРІОГЕННОЇ МАШИНИ ДЛЯ ДОВГОТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ БІОМАТЕРІАЛІВ

Останні роки набули поширення кріогенні парокомпресійні машини, які застосовуються для зберігання біоматеріалів. Принципова схема таких пристроїв мало відрізняється від побутових холодильників, основні елементи вказані на рисунку 1.

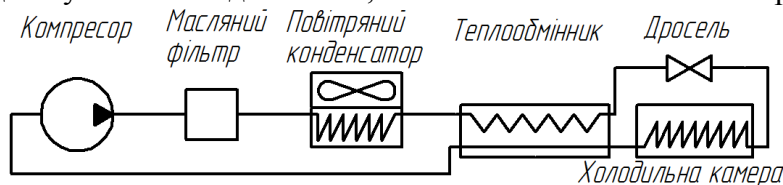


Рисунок 1 - Схема кріогенного циклу Джоуля-Томсона

Після введення таких пристроїв в експлуатацію, було виявлено таке негативне явище, як регулярне засмічення капілярів, які використовувалися в якості дроселя. Це викликало перегрів та зупинку компресора через високий гідравлічний опір, що призводило до підвищення температури в камері. Така кріогенна система не відповідала умовам зберігання біологічних зразків. Проведені дослідження [1] визначили основну причину засмічення капіляра - це потрапляння в зону кріогенних температур речовин, які утворюють тверді фракції. Ці речовини мають різну природу, наприклад компресорне мастило, вода у вигляді кристалічного льоду, лакове покриття обмоток електродвигуна компресора та інше.

Для вирішення цієї проблеми використовували додаткову аварійну систему охолодження з окремим компресором. Це було економічно не виправдано, тому були розроблені наступні рішення:

- використання у системі високоефективних масловіддільників і фільтрів;
- інтенсивне охолодження компресора з метою зменшення виносу мастила;
- застосування систем очищення і аналізу складу холодоагенту, для уникнення попадання повітря і водяної пари при заправці установок.

Оскільки такі рішення не можуть гарантувати довготривалу підтримку температури в камері, дослідниками НВО «Дніпро-МТО» було запропоновано два основних напрямки:

- видалення засмічення шляхом локального відігрівання засміченого капіляра, не допускаючи підвищення температури в холодильній камері;
- використання хімічно активних речовин як компонент суміші холодоагентів.

Була проведена серія дослідів з визначення оптимальних режимів роботи таких пристроїв та складу суміші холодоагентів, були досліджені хімічна природа засмічень і теплогідравлічні процеси у вузлах кріогенного циклу, що допомагають прогнозувати ці засмічення. На основі результатів досліджень були виконані розрахунки і створена розрахункова модель, що описує роботу кріогенного циклу в умовах засміченого дросельного клапана та процеси утворення цих засмічень. В результаті було розроблено пристрій з системою автоматичного регулювання для запобігання утворення засмічення дроселя, шляхом локального нагріву засміченої ділянки. Також була запропонована нова суміш холодоагентів з високим показником розчинності в компресорному мастилі. Час неперервної роботи кріогенної машини вдалося збільшити з 14 до 96 діб.

Перелік посилань:

1. Cao, H.S., Vanapalli, S. Clogging in micromachined Joule-Thomson coolers: mechanism and preventive measures. Appl. Phys. Lett. 103 (3), 034107.

CFD-МОДЕЛЮВАННЯ РЕСУСПЕНЗІЇ РАДІОАКТИВНИХ АЕРОЗОЛІВ В НОВОМУ БЕЗПЕЧНОМУ КОНФАЙНМЕНТІ

На сьогоднішній день існує актуальна проблема забезпечення безпечних концентрацій пилу при організації технологічного процесу. Наприклад, при виготовленні напівпровідникових приладів необхідно прагнути уникнення осідання інерідних частинок на напівпровідникову пластину. При експлуатації ядерних установок потрібно враховувати, що пил сорбує продукти ділення і стає джерелом радіоактивного випромінювання.

Фізичне явище, що має місце в перерахованих вище процесах і характеризується вторинним підйомом осаджених частинок турбулентним потоком носить назву ресуспензія. Аналіз і надання рекомендацій щодо керування цим явищем мають важливе значення при захисті навколишнього середовища після аварії на ЧАЕС.

Виникнення ресуспензії можна інтерпретувати як результат конкуруючих ефектів динаміки потоку на частинку і адгезії між частинкою і поверхнею. Коли повітряний потік дме над частинкою, є три можливих режими відриву: прямий зліт, ковзання і прокатка [1]. Розроблено ряд моделей ресуспензії, які здатні в більшій чи меншій мірі враховувати механізми підйому частинки: рух прокатки частинок і їх відділення від поверхні під впливом різних розмірів і геометрії частинок, матеріалу частинок, шорсткості поверхні і турбулентності біля стінок, а також капілярних сил, які залежать від вологості повітря.

В роботі [2] описано модель ресуспензії часток, яка підходить для моделювання малих та твердих аерозолей (до 20мкм), що може допомогти оцінити умови роботи для обслуговуючого персоналу. В роботі [3] наведено модель ресуспензії для великих (більше 20мкм) і м'яких часток, які здатні переносити радіацію на великі відстані. Перехід від однієї моделі до іншої можна визначити параметром Табор [4].

Для детального моделювання поширення аерозолей в зоні ЧАЕС побудована CFD модель (Ansys Fluent). Метою даної роботи була розробка моделі ресуспензії, яка здатна врахувати всі фактори, які мають вплив на підйом часток в кліматичних умовах зони ЧАЕС і мікроклімату НБК: сезонна зміна погодних умов, вологість повітря, робота персоналу, робота вентиляційного обладнання та ін. Модель допоможе спрогнозувати поширення аерозолей під час демонтажу конструкції і забезпечити умови, які б зменшили викид аерозолей за межі НБК.

Перелік посилань

1. Nasr B., Dhaniyala S. Developments in Surface Contamination and Cleaning: Types of Contamination and Contamination Resources. *William Andrew Publishing*. 2017. P.55-84.
2. Derjaguin B. V., Muller V. M., Toporov Y. P. Effect of Contact Deformations on the Adhesion of Particles. *J. Colloid Interface Sci.* 1975. Vol. 53, P. 314.
3. Johnson K. L., Kendall K., Roberts A. D. Surface Energy and the Contact of Elastic Solids. *Proc. Royal Soc.* 1971. A 324, P. 301
4. Tabor D. Surface Forces and Surface Interactions. *J. Colloid Interface Sci.* 1977 V. 58, #2.

ТЕПЛОВИЙ СТАН НАНОСУПУТНИКА POLYITAN-3

Наносупутник являє собою мініатюрний космічний апарат, що характеризується коротким циклом розробки. Вузька спеціалізація і відносно проста конструкція наносупутників дозволяє повисити надійність та економічність інформаційних систем, що створюються на їх базі. Компактні і легкі, наносупутники мають великий потенціал – вони мають більш ефективне використання внутрішнього об'єму, звідси меншу вагу, дешевший запуск та менший час розробки. Досягається це за рахунок застосування новітніх технологій та матеріалів [1].

Одна з основних характеристик, що визначає готовність наносупутника PolyITAN-3 до запуску – відповідність температур електронної платформи та іншого обладнання супутника до допустимих діапазонів температур. При виході температури елементів за межі даного діапазону відбувається поступове його ураження, а з часом елемент виходить з ладу.

Космічні апарати являють собою складні структури, температури яких постійно змінюються як функції положення та часу. Знаходження цих температур з аналітичним ступенем точності при обчисленні таких систем є дуже складною задачею. Тому широкого використання набуло чисельне моделювання, зокрема методом зосереджених параметрів.

Незважаючи на те, що даний метод дає досить грубе рішення, його застосування дуже поширене, оскільки він інтуїтивно зрозумілий та фізично простий. Метод зосереджених параметрів доцільно використовувати для побудови теплової моделі першого рівня наближення, коли не потрібно знати детальний розподіл температур в окремих частинах супутника [2].

Розроблено теплову модель наносупутника PolyITAN-3 в програмному забезпеченні ESATAN, отримано періодичний розподіл теплових потоків та температур супутника, Аналіз попередніх результатів показав, що бортове обладнання знаходиться в робочому діапазоні температур.

Однак, для знаходження більш детального розподілу температур в окремих частинах супутника на основі теплової моделі першого рівня необхідно розробити теплову модель другого рівня, що базується на методі кінцевих елементів. Отримані результати дозволять провести важливий етап розрахунку, а саме – на міцність.

Планується відпрацювання різних варіантів орбіти, що можуть бути застосовані при експлуатації супутника, а саме, варіація нахилу та висоти, орієнтації супутника відносно Землі та Сонця.

Перелік посилань:

1. Maria-Mihaela Burlacu, "Performance analysis and routing in nanosatellite constellations models and applications for remote regions" Ph.D. thesis, Dept. Aerospace Engineering, University of Upper Alsace, Mulhouse, France, 2010
2. ITP Engines UK Ltd. Whetstone, Leicester, UK. ESATAN-TMS Thermal Engineering Manual. Accessed on: Aug. 2015.

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ КАПІЛЯРНОЇ СТРУКТУРИ НА ЇЇ ПРОНИКНІСТЬ

Сучасний розвиток техніки та електроніки спрямований на зменшення розмірів та збільшенні потужності приладів, що призводить до більшого тепловиділення. Збільшення теплових потоків значно ускладнює забезпечення необхідних температурних режимів, необхідних для нормального функціонування приладів та їх окремих елементів. Для охолодження таких пристроїв використовують термосифони та теплові труби. Основним конструктивним елементом теплових труб є капілярна структура, яка забезпечує транспортування рідини з зони нагріву (випаровування) в зону охолодження (конденсації).

Метою даної роботи є:

1. вивчення впливу параметрів (діаметр волокон, пористість та ін.) на проникність капілярної структури та проведення експериментальних досліджень;
2. створення на базі таких пристроїв нових ефективних систем охолодження для потужних приладів, енергозберігаючих систем (акумулявання теплової енергії, сонячні колектори, перетворювання теплової енергії в механічну та ін).

При ознайомленні з літературою була розглянута основна класифікація капілярних структур: прості (сіткові, спечені, канавчаті, гофровані) та складені (канавки вкриті сіткою, кільцевий канал, з різьбою на стінці і артерією)[1].

Кожна з розглянутих капілярних структур має свої недоліки та переваги, але найбільше добре використовуються металоволокнисті капілярні структури, вони мають в порівнянні з порошковими капілярними структурами більшу ефективність роботи проти сил тяжіння. Також розглянуто результати досліджень гідродинамічних і структурних характеристик зразків капілярних структур свідчать про те, що композиційні матеріали мають меншу проникність в порівнянні з моноволокнистими капілярними структурами, однак мають при цьому пори меншого розміру (приблизно в 2 рази)[2].

Зі зменшенням діаметру волокон розміри пор в моноволокнистих матеріалах зменшуються, але не досягають значень, які мають композитні матеріали.

Металоволокнисті структури добре вивчені, але проникність металоволокнистих структур діаметр волокон яких 10 мкм мало вивчені, тому необхідно проводити дослідження впливу параметрів капілярних структур на її проникність. Всі дослідження будуть проводитися експериментально, для цього була створена експериментальна установка.

Перелік посилань:

- 1.Ивановський М.Н., Сорокин М.В., Чулков Б.А., Ягодкин И.В. Технологические основы тепловых труб. Москва: Атомиздат, 1980.
2. Косторнов А. Г., Шаповал А. А., Мороз А. Л., Фролов Г. А., Шаповал И. В.. Тепловые трубы с капиллярными структурами на основе композиционных градиентных материалов для теплообменных систем космического и авиационного назначения. Космічна наука і технологія. 2009. Т. 15. № 2. С. 69–79.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЖИДКОСТЕЙ В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ИСПАРИТЕЛЬНО-КОНДЕНСАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Несмотря на то, что первые работы направленные на исследования повышения теплопроводности наножидкостей (НЖ) начали появляться в конце 90-х годов прошлого века [1], обширное изучение и прикладное применение данный тип теплоносителей начинает набирать только сейчас.

За последние 5 лет все больший интерес проявляется к использованию НЖ в качестве теплоносителя для испарительно – конденсационных систем (ИКС), в том числе для закрытых двухфазных термосифонов (ЗДТ). Однако, нет однозначных данных о повышении эффективности ЗДТ при использовании НЖ. Так, ряд работ демонстрирует, что за счет использования НЖ можно достичь снижения термического сопротивления и, соответственно, увеличения количества передаваемой теплоты ЗДТ[2]. В свою очередь несколько других исследований указывают на противоположный (негативный) эффект[3].

Данная работа посвящена исследованию влияния различных НЖ на передаваемые характеристики ЗДТ.

Был проведен ряд исследований ЗДТ ($d_{вн}=5\text{мм}$, $d_{нар}=6\text{мм}$, $l_{здт}=700\text{мм}$) со следующими водными НЖ на основе: смеси аттапульгита и углеродных нанотрубок (НЖ 1), углеродных нанотрубок (НЖ 2), синтетического алмаза (НЖ 3), аморфного углерода (НЖ 4).

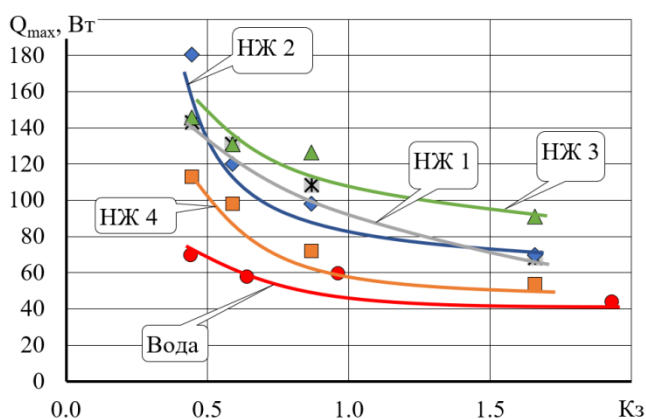


Рис. 1 – Зависимость Q_{\max} от коэффициента заполнения ($Kз$)

Использование НЖ в качестве теплоносителя, согласно проведенным экспериментам (рис.1) приводит к увеличению максимального передаваемого теплового потока (Q_{\max}) ЗДТ. Наилучшими исследуемыми образцами оказались теплоносители на основе синтетического алмаза, а также на основе углеродных нанотрубок.

Наножидкости имеют огромный потенциал для дальнейшего коммерческого использования в ЗДТ и других ИКС, но для этого необходимо избавиться от «белых пятен» и разобраться в неоднозначных результатах

представителей ученого мира.

Список литературы

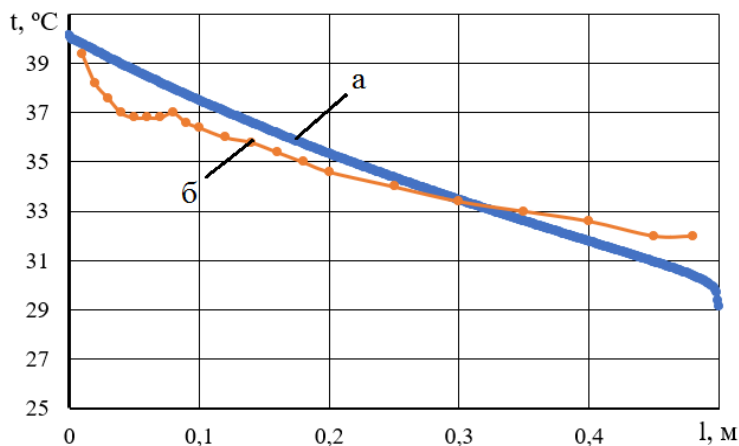
1. Choi, S.U.S., Eastman, J.A. Enhancing thermal conductivity of fluids with Newtonian Flows. ASME, New York, 1995. P. 99-105.
2. Senthilkumar, R., Vaidyanathan, S., Sivaraman, B. Experimental analysis of cylindrical heat pipe using copper nanofluid with an aqueous solution of n-Hexanol. Front. Heat Pipes. 2011. №2. P. 1-5.
3. Hajian, R., Layeghi, M., Sani, K.A. Experimental study of nanofluid effects on the thermal performance with response time of heat pipe. Energy Convers. Manag, 2012. №5. P. 63-68.
4. Ramezanizadeh M., Nazari M.A., Hossein Ahmadi H., Açikkalp E. Application of nanofluids in thermosyphons: A review. Molliq, 2018. P. 1-25

ТЕПЛООБМІН В ПЛІВЦІ РІДИНИ, ЯКА СТІКАЄ ПО ВЕРТИКАЛЬНІЙ ПОВЕРХНІ

Одним з найефективніших методів організації роботи тепломасообмінних апаратів є безпосередній контакт стікаючої під дією сил гравітації плівки рідини і газу. Щоб удосконалити таке обладнання, шляхом інтенсифікації процесів переносу, необхідно знати закономірності зміни режимних параметрів, а саме: розподіл швидкостей і температур в плівці, розподіл швидкостей і температур в газовому потоці, середня і локальна товщина плівки, хвильові характеристики плівки та ін.

Дослідження параметрів плівок проводяться із застосуванням аналітичних або експериментальних методів. Використання аналітичних методів пов'язано з великими математичними труднощами. Експериментальні дослідження є найбільш розповсюдженими, але вони мають великі технічні труднощі постановки і спрямовані на визначення середніх та середньоінтегральних характеристик процесу. Сучасним підходом до вирішення проблем дослідження локальних характеристик процесу взаємодії плівки рідини і газового потоку є комп'ютерне моделювання, використання методів якого дозволить уникнути труднощів експериментального методу, а також адекватно створена модель дозволить уточнити математичну модель процесу взаємодії.

Для виконання задач дослідження був обраний програмний комплекс ANSYS, а саме – програмне середовище Fluent. Область моделювання поділялася на три підобласті: пластина, плівка рідини та газове середовище. Для розрахунку комп'ютерної моделі використовувалися параметри, які відповідали умовам фізичного експерименту.



а – результати розрахунку, б – експериментальні данні
Рисунок 1 – Розподіл температури плівки по висоті каналу

Аналіз отриманих результатів зміни температури плівки по висоті каналу показав, що розбіжності, які мають розрахункові данні у порівнянні з експериментальними, пояснюються тим, що в моделі не враховано існування початкової теплової ділянки і вплив процесу випаровування з поверхні плівки.

Перелік посилань:

1. Тананайко Ю. М., Воронцов Е. Г. Методы расчета и исследования пленочных процессов: монография. Киев: Техника, 1975. 312 с.

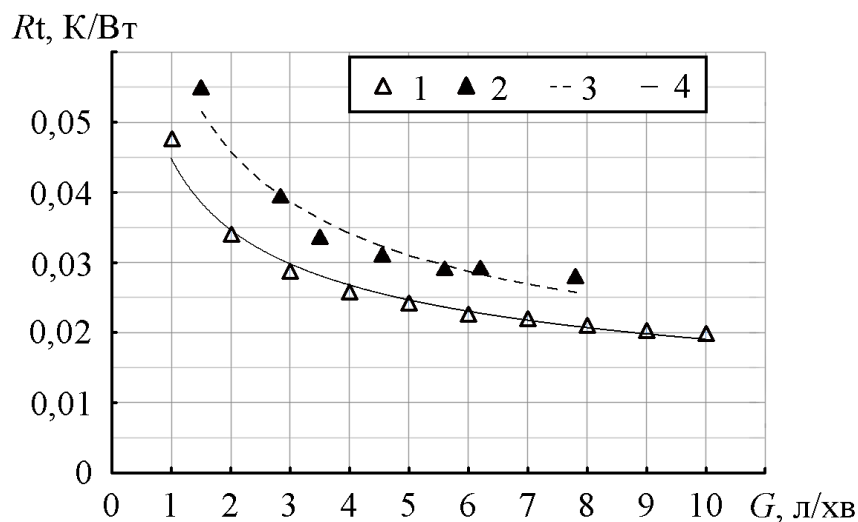
**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО ОПОРУ УНІФІКОВАНОЇ БАЗОВОЇ НЕСУЧОЇ
КОНСТРУКЦІЇ ПРИЙМАЛЬНО - ПЕРЕДАВАЛЬНОГО МОДУЛЯ АФАР**

З метою розширення функціональних можливостей радіолокаційних станцій в останні роки почали активно розробляти цифрові активні фазовані антенні решітки (АФАР), які мають нові покращенні характеристики. Однак внаслідок того, що, в таких системах приймально-передавальні модулі (ППМ) розташовані на антенному полотні в кожному випромінювачі, то підведена та відведена енергія, в тому числі і тепла, достатньо щільно розподілена по антенному полотну.

Так як важливим фактором підтримки заданих параметрів АФАР є забезпечення температурних режимів роботи напівпровідникових кристалів, що входять ППМ та є основними джерелами виділення теплоти, то однією з найважливіших задач є відвід теплоти з закритого малогабаритного простору ППМ.

Стандартні охолоджуючі панелі, що використовуються для радіоелектронної апаратури та комп'ютерної техніки, не враховують особливостей роботи ППМ та розташування тепловидільних елементів в ППМ АФАР. Тому для дослідження теплового режиму ППМ було розроблено уніфіковану базову несучу конструкцію охолоджуючої панелі ППМ АФАР.

Тепловий режим охолоджуючої панелі ППМ визначається встановленими з двох сторін пластини потужними монолітними мікросхемами загальною потужністю тепловиділення 276 Вт. В якості охолоджуючої рідини використовувався ТОСОЛ марки А65. Результати моделювання теплового опору розробленої базової несучої конструкції ППМ наведено на рис. 1.



1 – CFD дослідження Баранюк О.В.; 2 – експериментальне дослідження Савенко В.А.[1];
3 – CFD дослідження Савенко В.А.[1]; 4 – узагальнююча крива ($Rt = 0,045 \cdot G^{-0,373}$)

Рисунок 1 – Порівняння даних з теплового опору Rt , К/Вт

Перелік посилань:

1 – В.А. Савенко. Унификация конструкторских решений для построения приемно-передающих модулей АФАР различных диапазонов. *Электроника и микроэлектроника СВЧ*. Всероссийская конференция (Россия, Санкт - Петербург 3-6 июня 2013), Санкт – Петербург, 2013. 5с.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК СТРУКТУРИ ТЕЧІЇ ТА ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕПЛООБМІНУ НА ПОЧАТКОВІЙ ДІЛЯНЦІ ТРУБИ ПРИ ПЕРЕХІДНИХ ЧИСЛАХ РЕЙНОЛЬДСА

Прагнення до збільшення енергоефективності та підвищення компактності теплообмінного обладнання обумовлюють не тільки зміну форми теплообмінних поверхонь, але і скорочення довжин труб, які стають менше довжин початкових гідродинамічних і теплових ділянок. Виникає необхідність детального вивчення гідродинамічних і теплових особливостей течії на початкових ділянках труб з розвинутою теплообмінною поверхнею і врахуванням впливу неізотермічності потоку [1].

При числах Рейнольдса більших 2000, на деякій відстані від входу в трубу, яка зменшується із збільшенням числа Рейнольдса, з'являються низькочастотні збурення. Довжина хвилі, амплітуда і швидкість розповсюдження збурень зростають при русі вниз за течією, але зберігається власна частота. Коливання такого роду в гладкій трубі призводять до нестаціонарності потоку тепла на виході з початкової ділянки [2].

При числах Рейнольдса в діапазоні 2000...3500 виникають низькочастотні гармонійні коливання швидкості і теплового потоку малої амплітуди, якими на практиці можна знехтувати.

При числах Рейнольдса, більших 3500, з'являються неупорядковані низькочастотні коливання складових швидкості з характерними піками, амплітуда яких у багато разів перевищує амплітуди коливань на досить великих проміжках часу. Амплітуда коливань теплового потоку не перевищує 5%, що можна порівняти з величиною похибки. Однак процес цей вже нерегулярний, і частота максимальних відхилень теплового потоку відповідає частоті піків (сплесків) значень тиску.

При $Re = 5300$ амплітуди коливань зростають більш ніж в два рази в порівнянні із збуреннями при $Re = 3750$, і кількість піків в одиницю часу збільшується. Відповідно збільшується амплітуда та частота коливання теплового потоку, нехтувати збуреннями в потоці вже не можна, так як мінімальне значення потоку від максимального може відрізнятись на 20%.

Наявність гофрованої вставки на вхідній ділянці труби нав'язує потоку вихрові збурення певних масштабів та інтенсивності, змінюючи структуру пристінної течії. Стійкі вихрові структури, генеровані заглибленнями короткохвильових гофрів, мають менші масштаби, в порівнянні з власними збуреннями потоку, і слабо впливають на розвиток вихрової течії в трубі та інтенсивність теплообміну. При довгохвильовому гофруванні спостерігається прямий вплив складної вихрової системи на власні довгохвильові збурення течії при відповідному числі Рейнольдса, що призводить до істотного збільшення конвективної складової теплообміну.

Перелік посилань:

1. Rainieri S., Pagliarini G. Convective heat transfer to temperature dependent property fluids in the entry region of corrugated tubes. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2002. Vol. 45. P. 4525–4536.
2. Баскова А.А., Воропаєв Г.А. Структура вихревого неізотермического течения на начальном участке трубы при переходных числах Рейнольдса. *Гидродинамика и акустика*. 2018. Т.1 (91), № 2. С. 117 – 131

СЕКЦІЯ №3

**Теплогідравлічні
процеси в тепло- і
паро генеруючих
установках**

УДК 621.18.05(043.2)

Студент 4 курсу, гр. ТК-51 Банах І.С.

Доц., к.т.н. Мариненко В.І.

РОЗРАХУНОК РУБАШКИ ВПОРСКУЮЧОГО ПАРООХОЛОДЖУВАЧА КОТЛА ВИСОКОГО ТИСКУ ТИПУ ТП-15

Для регулювання температури пари в котлах високого тиску типу ТП-15 використовують впорскуючі парохолоджувачі з впорском "власного" конденсату пари. По тракту перегрітої пари встановлюють два пристрої для впорскування води в пару. Розрахункове теплосприйняття парохолоджувача приймають у розмірі 60-85 кДж на 1 кг пари.

Подача конденсату у вузол впорску виконується у вигляді форсунки з отворами діаметром 3-5 мм, що введена в трубу вентури. Після труби Вентури встановлюється циліндрична захисна рубашка, для запобігання попадання на стінку паропровода відносно холодних струменів конденсату в місці розташування розпилювача.

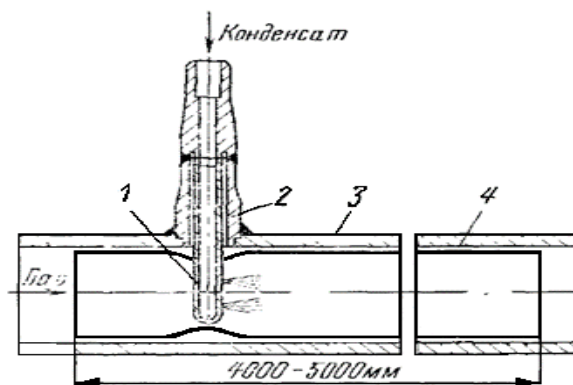
Надійність роботи впорскуючого парохолоджувача залежить від правильного вибору захисної рубашки l_3 .

Автори цих матеріалів для розрахунку довжини захисної рубашки використали методику, що запропонована в [1]. Згідно методики [1] довжина захисної рубашки визначається для максимальної продуктивності вузла впорску в залежності від масової швидкості пари $w\rho$ в місці впорскування. При використанні труби Вентури враховується степінь стискання в вузькому перерізі:

$$m = F_{cm} / F_{mp} = (d_{cm} / d_{mp})^2$$

Визначення довжини захисної рубашки виконують за допомогою номограми. Щоб користуватися номограмою в [1] треба знайти різницю температур між парою і краплями води на початку $\Delta t_{ne} = t_{ne}' - t_s$ і в кінці ділянки випаровування $\Delta t_k = t_{ne}'' - t_s$, де у вище зазначених формулах t_{ne}' , t_{ne}'' - температури пари на вході і виході із парохолоджувача, °С.

Схема впорскуючого парохолоджувача показана на рис.1



1 - форсунка-розпилювач; 2 - приз'єднувальний штуцер; 3 - колектор;
4 - захисна рубашка

Рисунок – 1 Впорскуючий парохолоджувач

Перелік посилань:

1. Липов Ю.М., Самойлов Ю.Ф., Модель З.Г..Компоновка и тепловой расчет котла: учеб.пособие для вузов.М.:Энергия, 1975. 176с.

**АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ СКЛАДУ ГАЗУ, ЩО
ГЕНЕРУЄТЬСЯ ПРИ ГАЗИФІКАЦІЇ БІОМАС ТА ВІДХОДІВ.**

Отримання енергії з біомаси сьогодні є одним з найбільш динамічно напрямків, що розвиваються у багатьох країнах світу . Останнім часом зростає роль рослинних відходів сільськогосподарського виробництва (солома, лушпиння соняшника та інші) що переходять в активну статтю паливно-енергетичного балансу регіону. Газифікація є перспективною технологією отримання енергії з біомаси . Одним з важливих питань є аналітичний розрахунок складу газу, що генерується в залежності від різноманітних факторів: температури, вологості, дисперсності і т.д. Для моделювання процесу газифікації були використані методики ентальпійного та ексергетичного аналізу. Основною задачею газифікації є забезпечення протікання реакцій з мінімальним виділенням твердих та рідких компонентів, таких як сажа, гудрон та ін.

Нижче приведені деякі залежності, які дають змогу перевірити адекватність метода припущення термодинамічно-рівноважного стану продуктів реакції газифікації біомаси при ендотермічному процесі.



Для цих реакцій константи рівноваги розраховуються наступним чином:

$$K_{p1}(exp) = \{p_{\text{CO}_2} \cdot p_{\text{H}_2}\} / \{p_{\text{H}_2\text{O}} \cdot p_{\text{CO}}\} = \{D_{\text{CO}_2} \cdot D_{\text{H}_2}\} / \{D_{\text{H}_2\text{O}} \cdot D_{\text{CO}}\}; \quad (4)$$

$$K_{p1}(calc) = \{K_{\text{H}_2\text{O}} \cdot K_{\text{CO}}\} / \{K_{\text{CO}_2} \cdot K_{\text{H}_2}\}; \quad (5)$$

$$K_{p2}(exp) = \{p_{\text{CO}_2} \cdot p^4_{\text{H}_2}\} / \{p^2_{\text{H}_2\text{O}} \cdot p_{\text{CH}_4}\} = \{D_{\text{CO}_2} \cdot D^4_{\text{H}_2}\} / \{D^2_{\text{H}_2\text{O}} \cdot D_{\text{CH}_4}\}; \quad (6)$$

$$K_{p2}(calc) = \{K^2_{\text{H}_2\text{O}} \cdot K_{\text{CH}_4}\} / \{K_{\text{CO}_2} \cdot K^4_{\text{H}_2}\}; \quad (7)$$

$$K_{p3}(exp) = \{p^2_{\text{CO}} \cdot p^2_{\text{H}_2}\} / \{p_{\text{CH}_4} \cdot p_{\text{CO}_2}\}; \quad (8)$$

$$K_{p3}(calc) = \{K_{\text{CH}_4} \cdot K_{\text{CO}_2}\} / \{K^2_{\text{CO}_2} \cdot K^2_{\text{H}_2}\}; \quad (9)$$

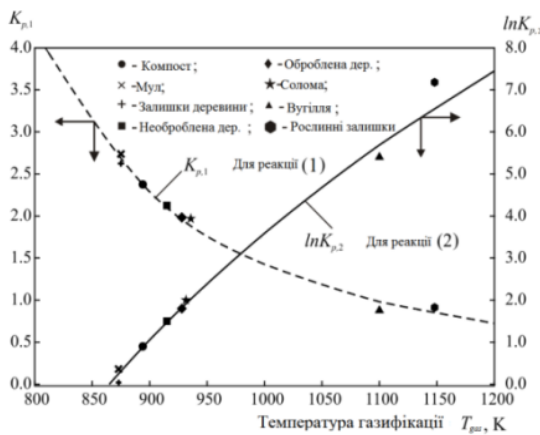


Рис.1 Порівняння даних K_{p1} та $\ln K_{p2}$, визначених за табличними даними за допомогою констант K_X реакцій 1 та 2 зі значеннями, визначеними з вимірних концентрацій D_X (крапки).

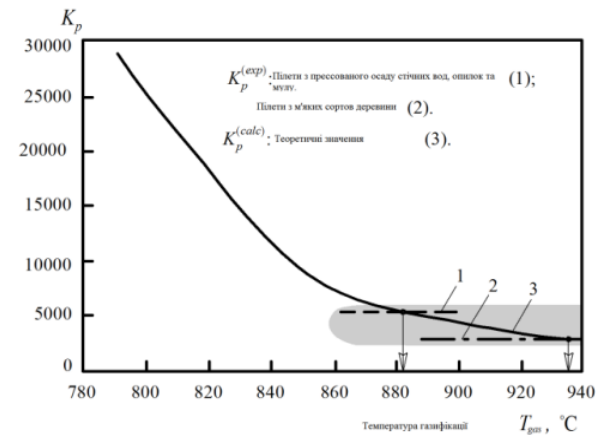


Рис. 2 Порівняння експериментальних даних $K_{p(exp)}$ з прогнозованими значеннями $K_{p(calc)}$ (крива 3).

Аналіз даних, показаних на рис. 1 і рис. 2 показує, що метод термодинамічного наближення може бути успішно використаний для прогнозу складу продуктів газифікації.

УТВОРЕННЯ ЗОЛОВИХ ВІДКЛАДЕНЬ НА КОНВЕКТИВНИХ ПОВЕРХНЯХ НАГРІВУ ПАРОВИХ КОТЛІВ

Підвищення надійності та довготривалої роботи парових котлів, набуло особливого значення у зв'язку з використанням непроекtnих видів палив, мінеральна частина яких, викликає або абразивне зношування конвективних поверхонь нагріву або їх забруднення.

На даний час, немає задовільної теорії про утворення золових відкладень, за допомогою якої, по аналізам палива та його золи, можна було у процесі виникнення золових відкладень на поверхнях нагріву, визначити оптимальний тип котла та умови безшлакового режиму роботи ще на проектному етапі.

Аналіз літературних джерел [1-4] показав, що основними факторами в процесі виникнення золових відкладень є форма, концентрація та розподіл твердих частинок і парів в газовій фазі, структура пограничного шару, температура поверхні та швидкість потоку. Процес виникнення відкладень на конвективних поверхнях нагріву, які не піддаються дії теплового випромінювання топки та в зародженні яких, беруть участь конденсатні пари топкових газів і тверді частинки, що виносяться потоком, можливо умовно поділити на стадії:

- рух частинок летючої золи і пари до поверхні та контакт з нею;
- утримання частинок на поверхні після контакту;
- подальший ріст та зміцнення відкладень.

На даний час, дослідження впливу золових відкладень на інтенсивність теплообміну і гідравлічний опір конвективних поверхонь носять емпіричний характер і виконані для котлів, які працюють на проектних паливах. Переведення котлоагрегатів на спалювання непроекtnих палив, потребує залучення великих капіталовкладень та проведення реконструкції існуючих станцій, які виконуються на підставі теплових розрахунків. Існуюча методика теплового розрахунку [4] не в достатній мірі враховує вплив на інтенсивність теплообміну і аеродинаміку конвективних поверхонь котельних агрегатів запиленості димових газів, що призводить до отримання не точних результатів розрахунків.

Для уточнення методики теплового розрахунку необхідно провести дослідження нестационарного процесу взаємодії запиленого потоку з поверхнями труб з метою з'ясування механізму утворення відкладень на поверхнях теплообміну. Наявність результатів таких досліджень, дозволить врахувати особливості хімічного складу палива і процесу його спалювання при проектуванні та модернізації котельних агрегатів.

Перелік посилань:

1. Вдовенко М. И., Баяхунов А.Я., Чурсина Н.Я. Загрязнение и износ поверхностей нагрева парогенераторов: Алма-Ата: «Наука» КазССР, 1978, 134 с.
2. Вербовецкий Э.Х., Жмерик Н.Г. Методические указания по проектированию топочных устройств: АООТ «НПО ЦКТИ», Санкт-Петербург, 1996, 270 с.
3. Виккерт К. Загрязнение конвективных поверхностей нагрева паровых котлов при сжигании угля. Экспресс-информация «Теплоэнергетика». 1962. №41. С.88-95.
4. Тепловий розрахунок котельних агрегатів. Санкт-Петербург: НПО ЦКТИ, ВТИ, 1998, 256 с. з іл.

КОМБІНОВАНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВУГІЛЛЯ ТА БІОПАЛИВА

Відновлювані джерела енергії (ВДЕ) сьогодні складають понад 12,8% первинної енергії в світі, мають достатній потенціал й набувають все більш важливої ролі в заміщенні традиційних викопних видів палива та скорочення викидів парникових газів.

При комбінованому спалюванні біомаса може бути змішана з вугіллям в різних пропорціях, зокрема при сумісному спалюванні в шарі частка біомаси може коливатися в діапазоні 0-100%, в той час як при пиловому спалюванні існують технічні обмеження й частка біомаси (по енергії), як правило, не перевищує 25%.

Показники найбільш вигідних для сумісного спалювання типи біомаси представлені в таблиці 1, з вказанням їх річних запасів в Україні, та нижчої теплоти згорання по кожному типу палива

Таблиця 1 - Показники найбільш вигідного типу біомаси

Характеристика виду біопалива	Тип біомаси			
	Солома зернових		Солома зернових	
Річний запас в Україні, млн.т./рік	30,6	Річний запас в Україні, млн.т./рік	30,6	Річний запас в Україні, млн.т./рік
Q_n , МДж/кг	18,8	Q_n , МДж/кг	18,8	Q_n , МДж/кг

Спираючись на результати таблиці можна дійти висновку, що найбільш вигідним типом біопалива є відходи під час використання у виробництві кукурудзи, а саме лушпиння кукурудзи, яке широко використовується у вигляді палетів.

Основною перевагою спільного спалювання є використання вже існуючого котельного обладнання, що спалює вугілля, що забезпечує найменші капітальні витрати в порівнянні з будівництвом нових котлоагрегатів. Технологія також забезпечує гнучкість використання, дозволяє утилізувати значну кількість біомаси, частково замістити викопне паливо відновлювальним (зазвичай до 20% по масі) CO_2 нейтральним паливом, а також знизити викиди паливних оксидів азоту і оксидів сірки (вміст сірки і азоту в твердій біомасі в середньому в 10 разів нижче ніж у вугіллі).

З наукової точки зору технології комбінованого спалювання вугілля та біопалива потребують кваліфікованого підходу до вибору технологій в залежності від характеристик палива, типу існуючого обладнання та технологічних параметрів процесів, подальшого дослідження технологій спалювання різних видів палива, вирішення екологічних питань та розв'язання проблем подальшого використання золи, а також вивчення питань корозії.

ПЕРЕВЕДЕННЯ ГАЗОВОГО КОТЛА Е-10-14ГМ НА ТОРФ ПРИ СПАЛЮВАННІ В УМОВНО КИПЛЯЧОМУ ШАРІ

На сьогоднішній день підприємства на яких встановлені газові котельні, зіштовхуються з такою проблемою, як зростання цін на природний газ. Так на 2019 рік вартість газу для промисловості складає 14 тис грн/1000 кубометрів газу. Один з варіантів економії – використання альтернативного та дешевого виду палива як торф ціна якого становить від 2-3 тис. гривень за тону. Однак такий спосіб вимагає реконструкцію котла.

Авторами запропоновано переведення газового котла Е-10-14гм на торф без використання систем пилоприготування. Для цього необхідно створити сприятливі умови вигорання торфу в об'ємі газового котла.

Пропонується створення умовно киплячого шару в об'ємі топки котла. Досягнення необхідної кількості газового потоку, щоб при проходженні газоповітряної суміші через шар палива виникало псевдозрідження. Це виконується шляхом рециркуляції димових газів з подачею повітря в межах економічно доцільного. Для створення киплячого шару потрібно визначити необхідний об'єм та швидкість димових газів.

Така реконструкція котла призведе до можливості спалювання в топці низькозольного та вологого палива фракцією від 10-20мм, без пристроїв для помолу. При додаванні вапняку, який в реакції з сіркою відводиться разом із золою, даний котел стає екологічно чистим, що є дуже важливим.

До недоліків можна віднести:

- можливість утворення ерозії поверхонь нагріву запиленим потоком;
- заміна пальника
- ускладнення системи подачі повітря та рециркуляції
- зниження ККД котла

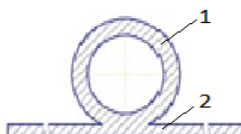
Висновок: виконавши даний проект, буде створена можливість спалювання низькозольного виду палива з утворенням слабо абразивної золи без шкідливих викидів в атмосферу. Вартість отриманого тепла знизиться з 0,32 грн/МДж для газу до 0,20 грн/МДж для торфу, при цьому ккд котла знизиться з 92% до 86%

Перелік посилань:

1. Радованович М. Сжигание топлива в псевдоожигенном слое, 1990. - 250 с.
2. Бородуля В.А., Виноградов Л.М. - Сжигание твердого топлива в псевдоожигенном слое, 1980. - 98 с.
3. Применение кипящего слоя в народном хозяйстве СССР [Материалы Всесоюзного семинара сентябрь-октябрь 1963 г., ВДНХ], 1965. – 393 с.
4. Майстренко А.Ю. Использование технологий кипящего слоя для реконструкции угольных котлоагрегатов малой мощности // Пром. теплотехника. - 1997. - N 6. - С.105-109.
5. Мищенко С.В. Управление процессами переноса теплоты в циркуляционном слое./ Мищенко С.В., Нагорнов С.А. Управление процессами переноса теплоты в циркуляционном слое. - Тамбов: ВИИТиН, 2003. – 57 с.

ТЕПЛОГЕНЕРУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄ СОНЯЧНУ ЕНЕРГІЮ, НА ОСНОВІ ТЕРМОСИФОНУ, ЗАПОВНЕНОГО НАНОРІДИНОЮ.

Головним елементом сонячних підігрівачів води є сонячний колектор (СК), від конструкції якого в основному, залежить ефективність системи нагріву води. У Київському політехнічному інституті ім. Ігоря Сікорського був створений сонячний колектор на основі мідного двофазного термосифону (ДТС) заповненого етанолом і закріпленого на мідній ізотермічній поглинальній сонячній промені панелі [1], рисунок 1. Результати цього дослідження приведені в таблиці 1.



1 – двофазний мідний термосифон; 2 – плоска мідна поглинальна панель.
Рисунок 1 - Поперечний переріз сонячного колектора з двофазним термосифоном.

Таблиця 1 – Результати досліджень СК [1]

	Максимальний поточний К.К.Д. сонячного колектора, %	Максимальна температура підігрітої води у баку-аккумуляторі, °С
Без селективного покриття	55	60
З селективним покриттям	60	74

З метою підвищення ефективності, розглянутого в [1], сонячного колектора, автори цих матеріалів пропонують використовувати мідний ДТС заповнений нанорідиною такого складу: етанол - 50%, дистильована вода - 50%, нанопорошок – вуглецеві нанотрубки(ВНТ).

Питанням застосування нанорідин в якості теплоносіїв для термосифонів присвячена робота [2]. Її результати свідчать про те, що додавання нанопорошків до теплоносіїв ДТС, значно сприяють збільшенню інтенсивності тепловіддачі в зоні нагріву в порівнянні з чистим теплоносієм. В роботі показано, що додавання в теплоносіїв нанопорошку, призводить до значного зниження термічного опору і покращенню теплопередаючих характеристик ДТС. Істотний вплив також має вміст нанопорошку (концентрація) в базовій рідині.

Перелік посилань:

1. Мариненко В.І. Сонячні колектори на основі мідних і алюмінієвих двофазних термосифонів. / Мариненко В.І., Островський Ю.В., Кулинич В.С. *Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI столітті*: матеріали XIX міжнародної практичної конференції. Київ, 2018. С.335-341.

2. Бондаренко Б.І., Морару В.Н., Кравец В.Ю., Бехмард Г. Влияние наножидкостей на теплопередающую способность миниатюрных термосифонов для охлаждения электроники. *Письма в ЖТФ. 2019. Том 45, вып. 6. С.54-58.*

КОМП'ЮТЕРНА ДІАГНОСТИКА КОТЛІВ

На газових котлах є датчики і терморегулятори температури, за допомогою яких ми можемо фіксувати значення температури. Відкривається запірна газова арматура і газ подається в пальник. Коли відбулося приєднання до газового постачання, запалюється пьезорозпал або електричний розпал. Вода нагрівається до потрібної температури і за допомогою насоса подається в систему опалення. Пальник вимикається автоматично коли задане значення температури досягне свого максимуму.

Діагностика необхідна, щоб визначити відповідність котельного обладнання існуючим правилам і нормам. Крім того, діагностика дозволяє встановити:

- умови безпечної експлуатації котла;
- точність дотримання рекомендацій по монтажу та введення котла в експлуатацію, даних --заводом-виробником;
- наявність можливих дефектів і неполадок.

Таким чином, саме завдяки діагностиці ми можемо зрозуміти, чи безпечно користуватися котельним обладнанням, і яке його поточний технічний стан.

Висновок, який можна зробити - це те, що своєчасна та правильна діагностика котла, допоможе зберегти час, робочий ресурс, та є вигіднішим з економічної сторони, так як своєчасне виявлення проблеми та її усунення не тягне за собою великі затрати коштів, тому на мою думку, комп'ютерна діагностика котла є дуже актуальною проблемою і потребує широкого опрацювання.

Для комп'ютерної діагностики доцільно встановлювати датчики контролю температури, тиску, механічних напружень.

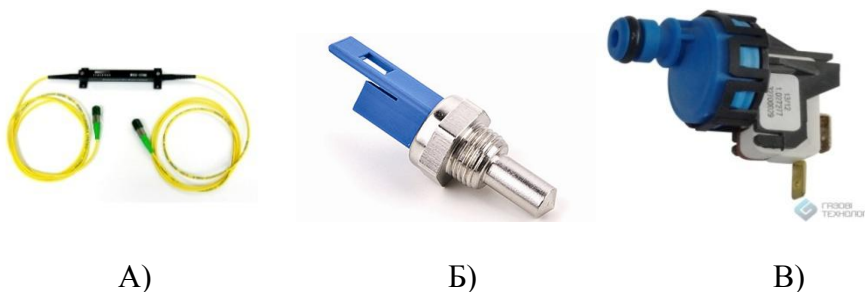


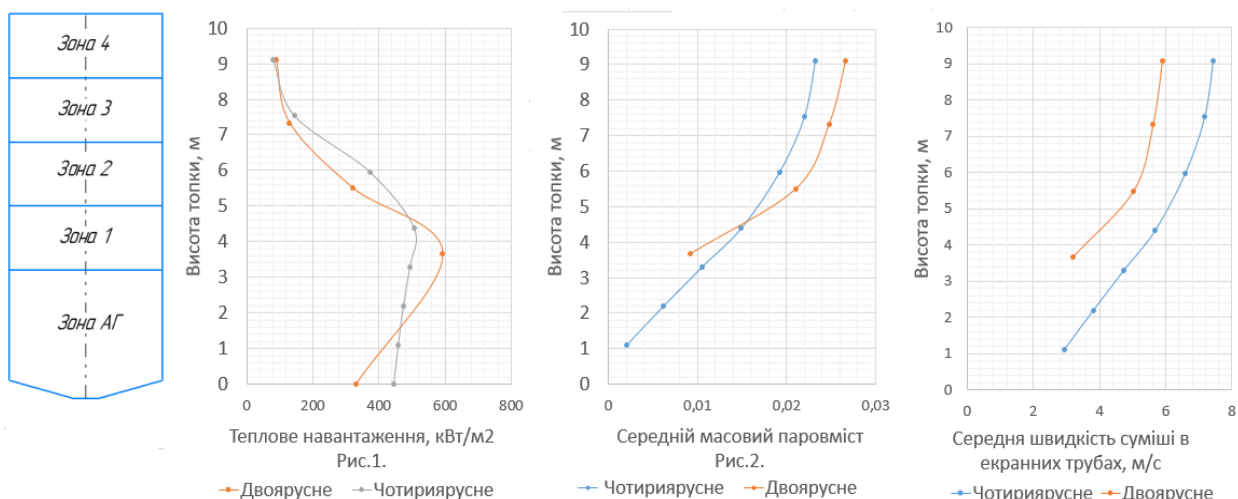
Рис.1 Види датчиків в комп'ютерній діагностиці.

(А-датчик механічних напружень, Б-датчик температури, В-датчик тиску.)

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ КОТЛА, ШЛЯХОМ РОЗПОДІЛЕННЯ ТЕПЛОВИДІЛЕННЯ ПО ВИСОТІ ТОПКИ

Теплогідравлічний розрахунок котла [1], необхідний для визначення надійності циркуляції в екранах з найменшим тепло сприйняттям. В той же час швидкість пароводяної суміші, залежить від паровмісту в даному перерізі труби. В даній роботі представлено порівняння тепло сприйняття по висоті екранних труб при позонному тепловому розрахунку [2] використовуючи розташування пальників в два та чотири яруси.

На прикладі котлоагрегата Е-58-14-280Г було запропоновано замінити пальникові пристрої більшої потужності, на меншу але збільшити їх кількість та розташувати їх по кутах топки. Таке рішення дозволяє розтягнути зону активного горіння по висоті топки, що в свою чергу призведе до врегулювання теплового навантаження на екранні труби по висоті топки. При розташуванні пальників в чотири ряди зменшується максимальне теплове навантаження з 592 кВт/м^2 до 507 кВт/м^2 .



Результати проведеного дослідження дозволяють зробити такі висновки:

1. Більш рівномірне тепло сприйняття по висоті на екранні труби (рис.1).
2. Зменшується середній масовий паровміст по висоті топки (рис.2).
3. Ускладнення виконання панелей та регулювання подачі палива та повітря до пальників.

Перелік посилань:

1. Лебедев И.К. Гидродинамика паровых котлов: учеб.пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 240с.
2. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) издание 2-е, переработаное. Под ред. Н.В.Кузнецова, и др., М., «Энергия», 1973. - 296с.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОТИ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ КОТЛА Е-480-14-560 ГМ ЗА ДОПОМОГОЮ КОНДЕНСАЦІЙНОГО ЕКОНОМАЙЗЕРА З ОРГАНІЧНИМ ТЕПЛОНОСІЄМ

Київські ТЕЦ є системою життєзабезпечення міста Києва. Такі ТЕЦ, як ТЕЦ-5 і ТЕЦ-6 не мають власних пускових котельень та резервних джерел живлення. Авторами пропонується встановлення турбіни на органічному робочому тілі, яке працює на відхідних газах котлів блока ТЕЦ-5 100 МВт для забезпечення пуску блоку з холодного стану та власних потреб.

Найбільшою втратою парових котлів є втрата теплоти з відхідними газами. Температура димових газів сягає 107-124 °С в залежності від навантаження при роботі на газі. При роботі котла на мазуті температура димових газів вища, але за умови низькотемпературної корозії робота економайзера неможлива.

За попереднім розрахунком визначено, що максимальна теплова потужність конденсаційного економайзера може складати 45 МВт.

В якості робочого тіла було обрано аміак, який має високу теплотворну здатність, нульовий потенціал глобального потепління, а також дешевий у порівнянні з іншими робочими теллами. Цикл роботи робочого тіла зображено на рис.1.

Турбіна, яка працює за органічним циклом Ренкіна має розвивати електричну потужність не менше 15МВт, що достатньо для забезпечення власних електричних потреб блоку 100 МВт при пуску з холодного стану.

На рис.2 показана схема, підключення конденсаційного економайзера та турбіни до блоку. Димові гази після РПП надходять до конденсаційного економайзера, де підігрівають робоче тіло, далі димові гази за допомогою димососа скидаються в димову трубу. Робоче тіло після водяного економайзера підігрівається в проміжному підігрівачі відборами пари.

При пуску з холодного стану теплота підводиться від газового теплогенератора. Температура регулюється за допомогою рециркуляції димових газів, для недопускання перегріву робочого тіла.

Застосування такої надбудови до блоку 100 МВт дозволяє підвищити надійність роботи київських ТЕЦ у випадку аварії та забезпечити в короткі строки надання електричної і теплової енергії в місті Києві.

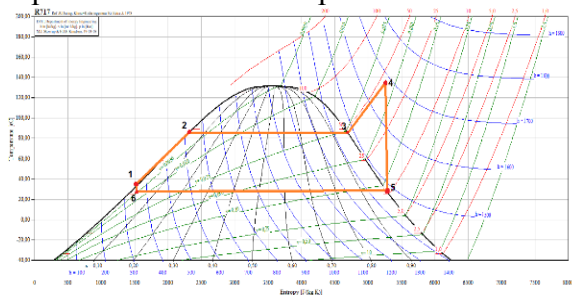


Рисунок 1- Цикл роботи аміаку.

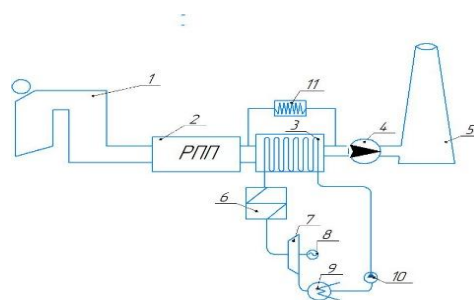


Рисунок 2- Схема системи теплоутилізації

Перелік посилань:

1. Quoilin S., Van Den Broek M., Declaye S., Dewallef P., Lemort V. Technoeconomic survey of Organic Rankine Cycle (ORC) systems. Renewable a Sustainable Energy Rewiews, 2013, vol. 22, pp. 168–186.
2. Янчошек Л., Кунц П. Органический цикл Ренкина: использование в когенерации. 2012, март–апрель, с. 50–53.

УДК 662.6

Магістрант 5 курсу, гр. ТК-81мп Овчаренко Є.С.

Доц., к.т.н. Мариненко В.І.

ОСОБЛИВОСТІ РЕКОНСТРУКЦІЇ КОТЛА БП-50-39-Б З ПЕРЕВЕДЕННЯМ НА СПАЛЮВАННЯ БІОМАСИ

В останній час набувають широкої популярності котли на біомасі. Це пов'язано з курсом країни на покращення екології. Так як при розкладанні біомаси виділяється така ж кількість CO_x , як і при його спалювання, то спалювання біомаси є кращою альтернативою на сьогоднішній день.

У зв'язку з цим виготовляється багато сучасних котлів для спалювання біомаси, а також є актуальним реконструкція котлів на спалювання біомаси.

При переведенні котла БП-50-39-Б була проведена наступна реконструкція:

- встановлення ланцюгової решітки для шарового спалювання;
- реконструкція топкової камери;
- зміна поверхонь нагріву конвективної шахти.

Слід також приділити увагу шкідливим викидам NO_2 . Задля досягнення допустимої концентрації цих речовин була встановлена необхідна доля рециркуляції димових газів для ефективного зменшення концентрації шкідливих викидів. Рециркуляція димових газів грає важливу роль в процесах, які відбуваються в топковій камері, зокрема в утворенні NO_x і повному спалюванні палива.

Також слід враховувати той факт, що рециркуляція димових газів зменшує теплонавантаження екранних поверхонь, тим самим збільшуючи ресурс котлоагрегату. Враховуючи ці фактори, згідно розрахунків було обрано оптимальну долю рециркуляційних газів.

В якості розрахункового палива взято суміш біомаси: 80% лушпиння соняшника, 20 % інші види біомаси. Виходячи з цього проведені тепловий, аеродинамічний і гідравлічний розрахунки. В результаті розрахунків були отримані: коефіцієнт корисної дії котла – 85%, температура на виході з топкової камери – $967^\circ C$, коефіцієнт надлишку повітря на виході з топкової камери – 1,3 %.

Також було визначено очікувану концентрацію NO_2 і золових частинок у вихідних газах. Концентрація NO_2 рівна 250 мг/м^3 , а золових частинок 2-3 мг/м^3 , що не перевищує допустимі.

Перелік посилань:

1. Бузников Є. Ф., Роддатис К. Ф., Берзиньш. Е. Я. Производственные и отопительные котельные. М.: Энергоатомиздат, 1984. 248 с.

ВИКОРИСТАННЯ ДНІПРОВСЬКОГО БУРОГО ВУГІЛЛЯ ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ В ТРАДИЦІЙНИХ КОТЕЛЬНИХ АГРЕГАТАХ

Назва “буре вугілля” охоплює клас горючих копалин із складом сухої беззольної частини: вуглецю – 59-75%, водню – 4,5-6,0%, кисню – 20-30%, вихід летких – 40-67%. Розмелоздатність бурого вугілля ($K_{\text{ЛО}}^{\text{ВТІ}} = 1,25$) найвища серед вугілля України за винятком пісного вугілля, у якого $K_{\text{ЛО}}^{\text{ВТІ}} \geq 1,4$. В органічній частині бурого вугілля присутні мінеральні домішки, що утворилися із мінеральної частини рослин, та осадові породи, що проникли в пласт ззовні. Дніпровське буре вугілля відрізняється високим вмістом сірки.

Використання бурого вугілля в енергетиці можливо як домішкового палива на факельних котлоагрегатах ТЕС, що використовують вугілля газової групи, зокрема. В цьому разі впровадження екологічних заходів стає другорядною задачею, оскільки вимоги по викидах оксидів сірки для існуючих енергоустановок менш жорсткі, ніж для нових, а високосірчисте буре вугілля становить лише частку від загального паливоживлення.

Для реалізації подібного рішення необхідні додаткові дослідження умов спільного розмелу та сушіння, займання та горіння газового та бурого вугілля. Такі дослідження дозволять визначити оптимальну частку бурого вугілля в паливоживленні котлів ТЕС, оптимальний стан бурого вугілля перед розмелом та оптимальні умови розмелу і сушіння палива. В роботі проаналізовано і визначено оптимальну частку бурого вугілля в суміші з газовим для спалювання на котлоагрегатах ТПП-312.

Перелік посилань:

1. Майстренко А.Ю., Чернявский Н.В. Вопросы повышения эффективности использования твердого топлива на ТЭС // Энергетика и электрификация.– 2004. - №12.- С.17-27.
2. Використання місцевих видів палива для виробництва енергії в Україні / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железна, Ю.Б. Матвеев, М.М. Жовнір // Промышленная теплотехника. – 2006. – Т. 28, № 2. – С.85-93
3. Энергетическое топливо СССР (ископаемые угли, горючие сланцы, торф, мазут и горючий природный газ): Справочник / В.С.Вдовченко, М.И.Мартынова, Н.В.Новицкий, Г.Д.Юшина.– М.: Энергоатомиздат, 1991 .- 184 с.

РОЗРАБОКА ДИМОГАРНОГО - ЖАРОТРУБНОГО ВОДОГРІЙНОГО КОТЛА ДЛЯ СПАЛВАННЯ ВІДХОДІВ ДЕРЕВО ПЕРЕРОБКИ

Проблеми децентралізованого теплопостачання промислових і житлових об'єктів набирають все більшого значення для України через постійне зростання тарифів на опалення та органічні теплоносії. Для багатьох об'єктів, особливо тих, які розміщені поза великих міст і в промислових зонах ефективним є перехід на поновлювальні та альтернативні палива замість природного газу.

Історично склалося, що в Україні в системах децентралізованого теплопостачання основним паливом є природний газ, який спалюють котельних установках як водотрубного типу так і димогарно-жаротрубних котлах, що відрізняються за своєю номінальною потужністю. Така ситуація викликана тим, що в енергетиці колишнього СРСР була низька «символічна» вартість вуглеводневого палива (природного газу, газового конденсату, продуктів нафтопереробки і т.д.), низький рівень утилізації теплоти, автоматизації технологічних процесів та ін. За пострадянський період в Україні відбулася різка зміна економічних взаємовідносин між суб'єктами господарювання – від радянської «планової економіки» до ринкових відносин, що обумовило різке здороження вуглеводневого палива.

Саме питанням відмови від «дорогого» природного газу і присвячена робота з розробки димогарно-жаротрубного котла для децентралізованого теплопостачання, в якому в якості палива планується використання біомаси, а її спалення буде проводитися на спеціальній шаровій решітці. Подібні котли існують, проте в Україні навіть при наявності виробничих потужностей така техніка не виробляється. Тому результати даної роботи можна представити як стар-тап проект для котельних заводів в м. Монастирище (з-д Енергетик) та м. Чернігів (з-д Колві).

Конструктивна схема такого котла зображена на рис. 1. Котел має звичайну конструкцію для даного типу котлів: він має жирову трубу, поворотну камеру та димогарний пучок. Між корпусом та теплообмінними трубами розміщена водяна рубашка. Спалювання палива буде відбуватися на механічній шаровій решітці. Для очищення продуктів згоряння від золи, винос якої неминучим, на виході з котла встановлено батарейний циклон.

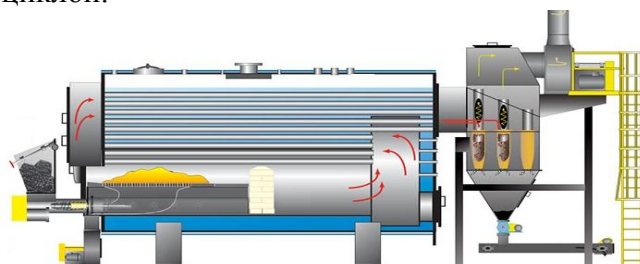


Рис. 1.- Димогарно-жаротрубний котел на твердому паливі.

Звичайно в димогарно-жаротрубних котлах для інтенсифікації теплообміну в димогарних трубах використовують спіральні турбулізатори конвективного теплообміну. Спираючись на результати в роботі пропонується використовувати для інтенсифікації теплообміну вторинні випромінювачі в трубах, замість спіральних турбулізаторів, оскільки вони мають кращі теплогідрравлічні характеристики.

ВИКОРИСТАННЯ ШАРОВОГО СПАЛЮВАННЯ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ СМІТТЯ ТА ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ У ВОДОГРІЙНИХ КОТЛАХ.

На сьогоднішній день в Україні має місце складна економічна ситуація, пов'язана з високими тарифами на природний газ (для населення та підприємств) та високі тарифи на централізоване тепlopостачання. Так ціна природного газу для підприємств в грудні 2018 року складала 13841 грн /1000 м³.

Одночасно у зв'язку з ратифікацією Україною договору про асоціацію з ЄС необхідно збільшувати долю відновлювальних та альтернативних джерел в паливному балансі України. Великим ресурсом для цього може бути використання в якості палива сміття та твердих побутових відходів. За статистичними даними в Україні щорічно на полігони вивозиться 10 мільйонів тонн сміття, з яких при певному сортуванні та переробці можна отримати 3,5 мільйони Гкал теплової енергії та 1,2 млрд. кВт/год електроенергії в рік. Ці об'єми складають приблизно 3% від використаного природного газу в Україні.

Зважаючи на викладене вище, доцільно та необхідно використовувати сміття як альтернативне паливо для централізованого тепlopостачання.

В роботі пропонується розробка проекту водогрійного твердопаливного котла для спалювання сміття та твердих побутових відходів на шаровій механічній решітці. В якості прототипу такого котла може бути розглянутий котел НІСТУ-5.

Планується, що створений котел може використовуватися для опалення шкіл, лікарень, дитячих садків і житлових будинків. Використовуючи шарову напівмеханічну решітку ми зможемо спалювати в даному котлі сміття і тверді побутові відходи, після їх попередньої підготовки. Важкі шкідливі дисперсні частинки, які утворюються в продуктах згоряння при спалюванні сміття не будуть потрапляти в повітря, завдяки затримці у шарі, а шкідливі викиди, які будуть винесені з котла планується уловлювати у мокром циклоні. Цими заходами будуть забезпечені вимоги екологічності роботи котла.

На рис. 1 зображено елемент топкової камери котла НІСТУ-5., в нижню частину якої буде встановлена напівмеханічна шарова решітка (рис. 2).



Рис. 1 – Трубна система топкової камери котла НІСТУ-5.



Рис. 2 – Напівмеханічна шарова решітка.

Виконаний проект водогрійного котла для спалювання сміття планується запропонувати в якості стар-тап проекту Монастирищенському котельному заводу.

Магістрант 5 курсу, гр. ТК-81мп Степанський С.В.
Доц., к.т.н. Мариненко В.І.

КОМБІНОВАНЕ ОЧИЩЕННЯ ДИМОВИХ ГАЗІВ ПИЛОВУГІЛЬНИХ ТЕС З ВИКОРИСТАННЯМ НАПІВМОКРОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Зменшення викидів забруднюючих речовин з димовими газами, що утворюються при спалюванні твердого палива на теплових електричних станціях (ТЕС) мають екологічне, технологічне та економічне значення. В останні роки теплова енергетика в Україні має до 90% викидів діоксиду сірки.

Збільшення спалювання кількості вугілля на ТЕС призвело до збільшення валових викидів SO_2 - близько 1 млн т/рік. Технологічні нормативи допустимих викидів діоксиду сірки варіюються в залежності від виду та якості палива яке постачається на Українські ТЕС. Викиди SO_2 з димовими газами пиловугільних ТЕС в теперішній час для антрацитів не більше 3400 мг/м^3 , для пісного вугілля 4500 мг/м^3 , для кам'яного та бурого вугілля 5100 мг/м^3 . З 1 січня 2018 року для нових енергоблоків $ГДК(SO_2) = 50 \text{ мг/м}^3$, як цього вимагає наказ Мінприроди України від 22.10.2008 №541 та Директива 2001/80/EU.

Традиційна мокра вапнякова десульфуризація з примусовим окисленням є провідною технологією для світової теплоенергетики. Вона має високу ефективність, та отримання на виході якісного двошвидного гіпсу як будівельного матеріалу, але високі капітальні та експлуатаційні затрати, необхідність обробки значної кількості стічних вод обмежують застосування цієї технології для невеликих потужностей та теплоелектростанцій, що віддалені від джерел вапняку. Також необхідно утримувати золівідвал для зберігання відходів.

Альтернативою вапнякової, може стати напівсуха амонійна десульфуризація, запропонована фахівцями Інституту вугільних енерготехнологій НАН України з отриманням на виході сухого порошку сульфату амонію як мінерального добрива: $2NH_4OH + 1/2O_2 + HSO_3 = 2(NH_4)_2SO_4 + H_2O$. Для отримання сухої маси добрива, надлишкову вологу випаровують, повертаючи в схему мокрого скрубера з трубою Вентурі.

Згідно з законом України «Про допустимі концентрації викидів на пиловугільних ТЕС» всі станції мають провести реконструкцію, або встановити додаткове обладнання для зменшення концентрації викидів. Запропонована конструкція яка складається з мокрого скрубера з трубою Вентурі та система десульфуризації з напівмикрою технологією, дасть допустимі концентрації викидів двоокису сірки в межах до 50 мг/м^3 тому дана тема є перспективною для впровадження в сьогodнішню енергосистему України.

Перелік посилань:

1. Вольчин І. А. Особенности очистки дымовых газов в мокрых скрубберах с трубой Вентури в условиях избыточного орошения/ І. А. Вольчин, В. А. Ращепкин // Энерготехнологии и ресурсосбережение. - 2016. - № 1. - С. 49-56. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ETRS_2016_1_7.

ЕКОНОМАЙЗЕРНА ПОВЕРХНЯ З ПЛОСКООВАЛЬНИХ ТРУБ

В багатьох котельних агрегатах (КА) використовуються поверхні нагріву, які з плином часу зношуються. Метою являється заміна старих круглих економайзерів на новий тип економайзерів зі сталевих плоскоовальних труб.

Застосування у якості поверхонь нагріву плоскоовальних труб дозволяє зменшити масо-габаритні характеристики водяного економайзера більш ніж у 4 рази (при незмінному навантаженні та температурному графіку роботи котла). Це здешевлює капітальні витрати на виготовлення та монтаж економайзера майже у 5 разів. Кращі теплоаеродинамічні показники плоскоовальних труб дозволяють зменшити аеродинамічний опір пучка труб, що в свою чергу веде до економії електричної енергії на привід димососу і економії коштів [1, 2]. На рисунку ми можемо бачити відмінність по формі труби, звичайного економайзера з круглих трубок (а), та з плоскоовальних трубок (б) відповідно.

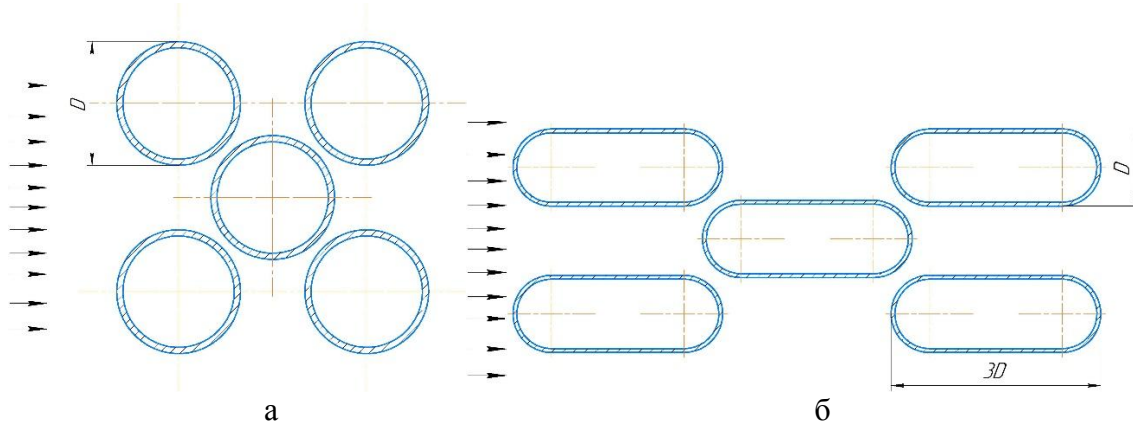


Рисунок-Пучки труб: а-пучок круглих труб; б-пучок плоскоовальних труб.

Маємо за необхідне визначити, тиск який зможе витримувати пучок труб за ходом води. Після виконання розрахунків на міцність та моделювання процесів, будуть отриманні результати для подальшого дослідження та використання таких економайзерних поверхонь на практиці.

Застосування труб з епласкоовальною формою перетину є дієвим засобом підвищення теплової ефективності теплообмінних поверхонь, що веде до поліпшення масо-габаритних і експлуатаційних показників теплообмінних пристроїв.

Перелік посилань:

1. Ala Hasan Thermal-hydraulic performance of oval tubes in a cross-flow of air/Heat and Mass Transfer, accepted for publication. THP 2004 by author and THP 2004 SpringerVerlag. By permission./P. 1-32.

2. Ala Hasan, Kai Sirén Performance investigation of plain circular and oval tube evaporatively cooled heat exchangers// Applied Thermal Engineering.- V.24.- № 5-6.- 2004.- P. 777-790.

МОКРЕ СІРКООЧИЩЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОРБЕНТІВ ІЗ ЛУЖНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Існуючий стан очищення відхідних димових газів котельних установок в Україні не відповідає вимогам міжнародних договорів і директив Європейського Союзу. Високі викиди діоксиду сірки пов'язані з відсутністю установок сіркоочищення на існуючих котельних агрегатах.

Найбільш поширеною технологією десульфуризації є мокре сіркоочищення з використанням наступних сорбентів із лужними властивостями – вапняку, вапна, аміачної води та сполук натрію. Хімічне зв'язування діоксиду сірки відбувається в спеціальному абсорбері – мокрому скрубєрі. Мокрі абсорбційні методи, що використовують для зв'язування сірчистого ангідриду промивні речовини (суспензії) з лужними властивостями, отримали в енергетиці найбільше розповсюдження. Такі технології займають більше 80% потужностей сіркоочисних установок для котельних агрегатів та задовольняють сучасні європейські екологічні вимоги.

Перевагою усіх цих методів є високий ступінь очистки (більше 95%), висока надійність роботи устаткування. Істотним недоліком є підвищений теплообмін між нагрітими відхідними газами та промивною рідиною. При цьому частина вологи розчину випарюється, а гази насичуються водяною парою та охолоджуються до температури нижче точки роси (близько 50°C), що може призвести до конденсації водяної пари у димососі та димовій трубі. Тому перед викиданням димові гази мусять підігріватися або в спеціальному підігрівнику, який використовує тепло забруднених відхідних газів до сіркоочистки, або викидатися в атмосферне повітря через градирню або «мокру» димову трубу. Для більшості цих методів потрібне громіздке обладнання та високе споживання енергії на власні потреби.

У всіх мокрих методах SO_2 спочатку реагує з водою, утворюючи малостійку сірчисту кислоту H_2SO_3 . При наявності в рідкій фазі сорбенту відбувається його реакція з H_2SO_3 з утворенням сульфїту чи бісульфїту та зниженням рівноважної концентрації діоксиду сірки над розчином. Сульфїт при взаємодії з кислотою утворює бісульфїт, який при реагуванні з киснем формує сульфат. На даний час близько 90% всіх мокрих сіркоочисних споруд для котельних агрегатів у всьому світі працюють за мокрим вапняковим або вапняним методами. Є дуже багато його різновидів і варіацій, які полягають у різному технічному виконанні окремих елементів установки.

Перелік посилань:

1. Вольчин І.А., Дунаєвська Н.І., Гапонич Л.С., Чернявський М.В., Топал О.І., Засядько Я.І. Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику України : Київ : ГНОЗІС, 2013. 308 с.

СЕКЦІЯ №4

Сучасні технології в тепловій енергетиці

APPLICATION OF TUBULAR MODULES AS HIGHLY ECOLOGICAL BURNERS

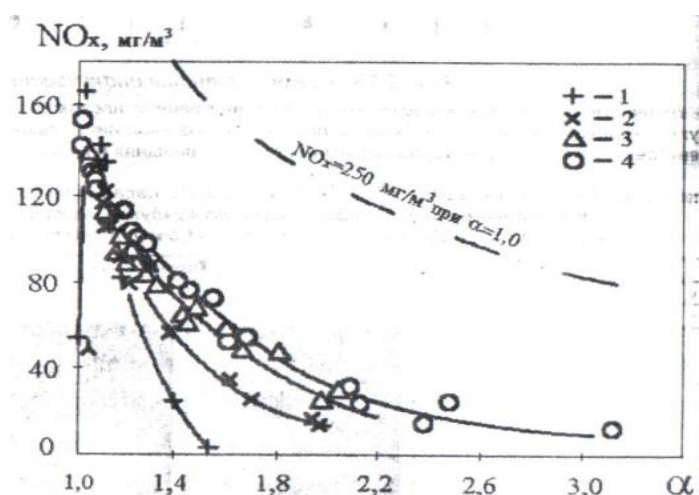
Studies have shown that aerodynamic characteristics of tubular modules (TM) contribute to the implementation of the "canonical" principles for minimizing burner toxicity [1].

TM with the Bord's nozzle has many advantages [2].

The main reason for the effective use of TM in furnaces is to achieve a low emission of NO_x and carbon monoxide in the combustion products, taking into account the appropriate modes of their operation in different applications.

The researches with the aim of defining and analyzing the characteristics of NO_x = f(α) and CO = f(α), in the wide range of air excess coefficient change (from α → 1,0 to α → α_g > 1,0, where α_g-limit of stable combustion of a lean mixture) were performed in two stages [1].

During the first stage, the emission characteristics were determined while combustion of natural gas in single (isolated) TM with different mixing options.



Also, the maximum concentration of nitrogen oxides was determined with a certain air ratio and the range of α, which achieves the minimum CO emission.

During the second stage, the analysis of the emission characteristics that were obtained from the operation of industrial furnace systems with different thermal power and for different purposes was carried out [2]. The obtained characteristics are presented in Fig. 1.

Fig. 1 - Influence of excess air on the concentration of NO_x in products of natural gas combustion at different variants of mixing in isolated TM:

- 1-premixing (TMP); 2-combined mixing with niche (TMKN-40/2); 3-diffusion mixing with a niche (TMDM); 4- diffusion mixing without a niche (TMD)

As we can see, the smallest concentration of these oxides is achieved in the module with the premixing (TMP).

This technology can be successfully used in restoring the efficiency (modernization) of combustion chambers of the GTP after prolonged operation, while improving the main indicators that provide the increase of power efficiency. It is possible to reduce the unbalance of the temperature field of combustion products by 5% (which contributes to increasing the efficiency of aggregates by 1-2%) and reducing NO_x emissions below 100 mg/m³ with simultaneous reduction of CO emissions.

Перелік посилань:

1. Любчик Г. Н., Микулин Г. А., Варламов Г. Б., Марченко Г. С. Использование трубчатой технологии сжигания топлива в аппаратах и системах децентрализованного теплоснабжения. – К.: Знання України, 2006. – С. 139–151.
2. Любчик Г.Н. и др. Экологический аудит газогорелочных устройств на основе применения базовых характеристик эмиссии NO_x и CO // Экотехнологии и ресурсосбережение.- 2007.- № 4. – С. 64-70.

INVESTIGATION OF NATURAL OSCILLATIONS OF HIGH PRESSURE ROTOR OF CYLINDER TURBINE K-200-130 WITH ANSYS SOFTWARE

The contribution of the TPP and CHP to the combined grid is significant, but the residual life of power units of 200-800 MW capacity is approaching its exhaustion, it is necessary to look for new methods for extending their commission time. Mathematical modeling can become a powerful tool that will help engineers and researchers to solve these problems.

The purpose of this work is the mathematical modeling of the natural oscillations of the high pressure cylinder turbine K-200-130 with Ansys software.

During the first stage geometric model of the cylinder shaft with Solid Works software system was created based on the drawings of manufacturers' factories. At the same time a number of simplifications to reduce the required computing resources in the mathematical modeling were carried out. The working blades on the model were not depicted. Their total weight on each disk was counted separately and at a later stage was set in a uniformly distributed load on the respective disks. This reduces significantly the calculation time of mathematical model and does not lead to significant mistakes.

Calculation of natural frequencies and corresponding oscillation forms necessary for further analysis of dynamic behavior of the shaft under variable loads. In practice, the study of natural oscillations are carried out to make sure that the facility designed does not prone to mechanical phenomena such as resonance. As you know, a resonance arises at a significant (tens of times and more) amplification of the amplitude of forced oscillations at the frequencies of external excitations, when the so-called resonant frequencies coincide with the natural frequency.

For investigation of the natural oscillations the component of the Ansys Modal software was used. The geometric model of the shaft is fixed in two places (the fastening of thrust and support-thrust bearings are modeled). As a result of software simulation, the first critical frequency is 48.98 Hz. Maximum transfer in the vertical direction is 0.5 mm.

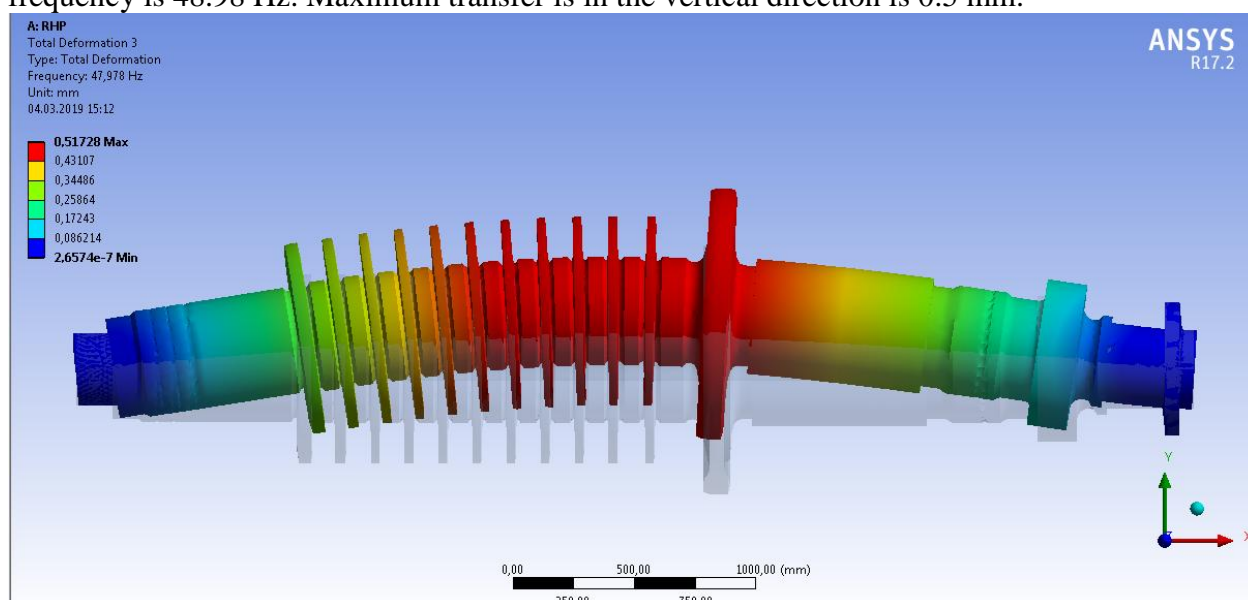


Fig – The total deformation at a frequency 47.978 Hz

Перелік посилань:

1. Каплун А.Б. ANSYS в руках інженера. Практическое руководство / А.Б. Каплун, Е.М. Морозов, М.А. Олферьева. – М.: Либроком, 2015. – 272 с.

UDC 620.9

Master 5 курсу, гр. ОТ-81МП Poturai L.O.

Ass.prof., cand.eng.sc. Shklyar V.I.

NEARLY ZERO ENERGY BUILDINGS

Nowadays, due to the comforts and services required in buildings (specific temperature range, hot water, electric appliances), an increasing of energy consumption is taking place. However, this consumption has great potential to decrease significantly if the building is designed and operated properly, with respect to the local conditions/resources and habits of the users. For example, the heating/cooling and power demand could be covered by renewable energy sources instead of fossil fuels. Other improvements lie in the design and construction of the house such as orientation of the house/windows and construction materials.

Energy saving buildings which require very small amount of electricity from the grid are called Near Zero Energy Buildings or nZEB. This type of construction became popular in Europe as a part of a program with the goal of reducing greenhouse gas emissions. To define what nZEB is can be problematic. No universal definition with specific requirements exists. In the EPBD nZEB is described like this [1]:

"... a building that has a very high energy performance, as determined in accordance with Annex I. The nearly zero or very low amount of energy required should be covered to a very significant extent by energy from renewable sources, including energy from renewable sources produced on-site or nearby" Annex I states: "The energy performance of a building shall be determined on the basis of the calculated or actual annual energy that is consumed in order to meet the different needs associated with its typical use and shall reflect the heating energy needs and cooling energy needs (energy needed to avoid overheating) to maintain the envisaged temperature conditions of the building, and domestic hot water needs".

If we are talking about the house (about 80m²) for single family of three people for South European zone, where the energy-saving measures approved as laws, the natural gas consumption (heating) and electricity consumption (cooling and appliances) of the conventional house are 8400 kWh/year as heating consumption, 2560 kWh/year for cooling and 4200 kWh/year consumed by appliances.

This demand can be reduced by heat saving building materials, greater insulation and covered using PV panels, ground source or air source heat pumps, and of course backup system like biomass boiler.

Equipment price is high, moreover we should remember that for Ukrainian climate heating demand will be extremely higher. Still, European prices are very different and energy-saving accessories made in Ukraine are available even if we consider economic state of our country.

There is another important saving that this house provides when compared to a conventional-powered house: the reduction of CO₂ emissions. This reduction is a consequence of the natural gas and electricity savings.

Returning to money, having a great payback comparing similar but not energy-saving house is not a priority for this type of buildings. The goal is to save the environment. It is the motivation to create green-powered technologically advanced homes, with great comfort and independency in operating it.

References:

1. European Commission [Electronic source]: [Website]. – Electronic data. – Brussels: 1995–2019. – Access mode: <https://ec.europa.eu/energy/en/content/nzeb-24>

УДК 621.6

Магістрант 5 курсу, гр. ТС-81мп Анікеєв Т.Ю.
Доц., к.т.н. Нікуленкова Т.В.

ОЦІНКА ПОШКОДЖЕНЬ ЛОПАТОК ПАРОВОЇ ТУРБІНИ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ "SIEMENS ACOUSTIC THERMOGRAPHY"

Проблема забезпечення надійної роботи енергетичного обладнання стає дедалі актуальнішою, оскільки призначений термін експлуатації турбіни перевищує розрахований ресурс. Наробка більшості енергоблоків ТЕС України досягла 180–200 тисяч годин і перебільшує розрахунковий ресурс (100 тисяч годин).

Ці дані свідчать про важливість оцінки ресурсу виробітки високотемпературного обладнання парової турбіни ТЕЦ, а саме для виявлення пошкоджень лопаток парової турбіни. Для виявлення щільних тріщин та інших пошкоджень лопаток турбіни пропонується технологія «Siemens Acoustic Thermography».

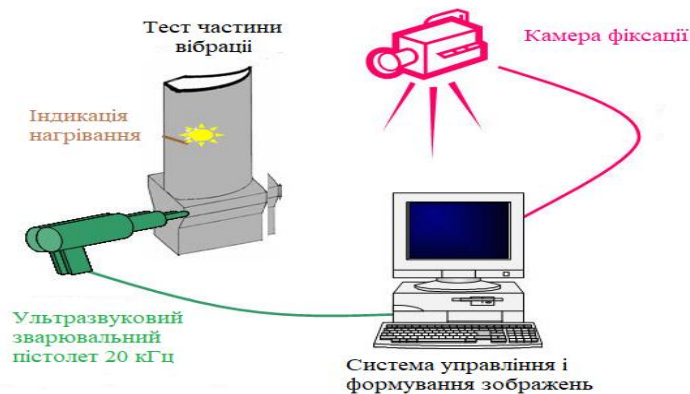


Рисунок 1 – Схема акустичної термографії

Технологія «Siemens Acoustic Thermography» має ряд істотних переваг:

У випадку конфігурацій лопаток газової турбіни всю лопатку можна перевірити в одній установці. І корінь, і аеродинамічний профіль можуть розглядатися для невеликих тріщин під час короткого двосекундного теплового циклу. Особливе значення має здатність методу бачити релевантні показання через захисні покриття, які застосовуються до компонентів турбіни згоряння. Невеликі показання легко знаходять, виходячи з охолоджуючих отворів у лопатках, без необхідності видаляти покриття.

Перелік посилань:

1. NDE Inspections and Lifetime Assessment of Turbine Equipment / Waheed Abbasm Sazzadur Rahman– Orlando: 2008. – 11 с.

МАЙБУТНЄ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРЕШКОДИ

У наш час все більшої популярності набувають поновлювальні джерела енергії. Все тому що потреби людини в енергії помітно збільшуються, а стан навколишнього середовища погіршується внаслідок використання традиційних джерел енергії. При цьому запаси енергоресурсів все помітніше зменшуються [1].

Сонячна енергія є однією з найбільш перспективних технологій використання відновлюваної енергії, що дозволяє виробляти електроенергію з вільного, невичерпного сонячного світла.

Багато домовласників вже почали впроваджувати сонячну електроенергію, а великомасштабні електростанції на південному заході пропонують сонячні переваги тисячам клієнтів. Але сонячна енергетика все ще стикається з рядом перешкод, перш ніж вона може по-справжньому замінити викопне паливо для виробництва електроенергії для більшості українців.

Однією з найбільших перешкод для широкого застосування сонячної енергії є відхилення сонячної інтенсивності. За даними Національної лабораторії по відновлюваній енергії, сонце забезпечує майже вдвічі більше енергії для пустелі Мохаве, як це робиться з Тихоокеанським Північно-Заходом. Оскільки вихід панелі залежить від кількості отриманої сонячної енергії, це означає, що сонячна енергія є набагато кращим джерелом енергії в південно-західних пустелях, ніж в інших частинах країни. Хоча сонячна панель може забезпечити принаймні деяку вільну електроенергію в будь-якій точці країни, інвестиції займуть набагато більше часу, щоб оплатити себе в регіонах без інтенсивного сонячного освітлення.

Ще однією перешкодою для сонячної електроенергії є фотоелектрична ефективність. Сонячна панель не може перетворити всю енергію на електроенергію. Ефективність панелі сонячних батарей визначає, яку частину цієї енергії можна використовувати.

Чим ефективніша панель, тим дорожче її виробляти. За винятком будь-яких серйозних стрибків у технологіях, рейтинги ефективності понад 33% малоймовірні в найближчому майбутньому.

Ймовірно, знадобиться десятиліття, щоб відкрити нові матеріали та методи, щоб зробити сонячні батареї менш дорогими. Скільки часу знадобиться, залежить від того, скільки часу та грошей буде інвестовано у дослідження сонячної енергії як урядом, так і приватним сектором.

Перелік посилань:

1. Види сонячних колекторів [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://unitechbau.kiev.ua/heating/kottedzhnoe_otoplenie/energoberegayuschie/geliosistemy/vidy_solnechnykh_kollektorov/.

2. В.И. Будько. Анализ целесообразности внедрения зарядных станций электромобилей на основе возобновляемых источников энергии в Украине / В.И. Будько // Відновлювана енергетика, 2016. №4. – С. 32–41.

УДК 536.516.1

Студент 1 курсу, гр. ТС-81 Беднарська Я.С.
Асист. Майер Л.О.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ ВИМІРЮВАНЬ ДИЛАТОМЕТРИЧНИМ ТЕРМОМЕТРОМ

У зв'язку з розвитком автоматизованих систем контролю і управління, а також з переходом до гнучких автоматизованих виробництв стрімко зростає необхідність створити засоби вимірювання різних фізичних величин, зокрема, температури.

Відомо, що вимірювання температури тіла пацієнта термометром займає 8–10 хвилин, щоб досягти термодинамічної рівноваги термометра з «об'єктом вимірювання». Зрозуміло, що зменшення часу вимірювання зі збереженням достатньої точності вимірювання є важливим чинником в комплексі заходів підвищення ефективності системи охорони здоров'я народу.

Скорочення часу при проведенні різноманітних вимірювань є одним з пріоритетних напрямків в метрології. Не є винятком і сфера вимірювання температури.

Серед великої кількості різноманітних типів термометрів достойне місце посідає дилатометричний термометр. Очевидний недолік цього термометра – велика довготривалість процесу вимірювань. Конструктивні методи боротьби з цим недоліком – зменшення маси його чутливого елемента, збільшення площі його контакту з середовищем – вже вичерпали себе. На часі – застосування алгоритмічних методів скорочення часу вимірювань.

Рішення диференціального рівняння, що відповідає процесу розігріву термометра, має вигляд:

$$t = t_n + (t_{\text{окр}} - t_n) e^{-\beta\tau}, \quad (1)$$

де $t_{\text{окр}}$ – початкове значення температури, $\beta = T^{-1} = \alpha \cdot F \cdot m^{-1} \cdot c^{-1}$, τ – поточний час; c , m , F – питома теплоємність, маса та площа контакту чутливого елемента термометра, t – поточна температура, t_n – температура, яка вимірюється.

Застосувавши для рівняння (1) метод найменших квадратів, сформуємо функціонал $\eta = \eta(\beta, t_n)$, мінімум якого буде мати місце при «найкращому» співпадінні реальної кривої розігріву термометра (ліва частина рівняння (1)), з її математичною моделлю (права частина цього ж рівняння). Величина t_n , що відповідає мінімуму функціоналу $\eta = \eta(\beta, t_n)$, і є шуканою температурою.

В якості об'єкта досліджень використовувались ртутний термометр з діапазоном вимірювань 35–40 та спиртовий термометр з діапазоном вимірювань 20–60 градусів за Цельсієм. Пошук мінімуму функціонала здійснювався декількома методами. Зроблений порівняльний аналіз застосованих методів. Проведене машинне моделювання алгоритмів повністю підтвердило їх працездатність.

Підтверджено, що оперуючи інформацією про початковий термін розігріву термометра, можна передбачити значення вимірюваної температури. Наведені залежності похибки вимірювання температури від часу набору інформації.

АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ БАГАТОФАЗНИХ ТЕЧІЙ В ТРУБОПРОВОДАХ

В енергетиці широко розповсюджені багатофазні потоки. Вони є набагато складнішими за однофазні. Навіть для такої простої течії, як течія в круглій трубі, можливі істотно різні режими потоку. Прикладами багатофазних течій є течії з вільною поверхнею «рідина-газ», течії з суспензією твердих частинок в газі або рідині, течії з краплями рідини в газі і з бульбашками газу в рідині. На практиці зустрічаються і більш складні випадки, наприклад, з вільною поверхнею «рідина-газ» і твердими частинками, які рухаються в газі, які осідають на вільній поверхні і тонуть в рідині.

Проблема полягає в тому, що однієї універсальної моделі, що дозволяє моделювати всі можливі режими, не існує. Для моделювання різних режимів іноді застосовуються абсолютно різні підходи.

Залежно від підходу до моделювання моделі багатофазних течій поділяються на два основні класи: Лагранжеві і Ейлерові моделі. В основі Лагранжевого підходу лежить розгляд руху окремих частинок (або груп частинок) вторинної дисперсної фази. В основі Ейлерового підходу лежить розгляд змін параметрів течії (швидкостей, тисків, температур) в точках простору. Для багатофазних течій при цьому вводиться поняття об'ємної частки фази - ще одного додаткового параметра течії. В рамках Ейлерового підходу всі фази розглядаються як суцільні, незалежно від їх реальної морфології. Існують також гібридні моделі, в яких чергуються Лагранжеві і Ейлерові (усереднення по простору і перехід від реального розподілу часток до об'ємної частки) кроки.

Можливості Ейлерової і Лагранжевої моделей для моделювання деяких режимів течії піддаються сумніву, в зв'язку з чим виникає питання про їх порівняльні переваги і недоліки.

Перевага Лагранжевої моделі DPM полягає в тому, що вона дозволяє точно враховувати характер взаємодії частинок зі стінкою. В рамках моделі взаємодії зі стінкою є додаткова модель ерозії стінки. Крім того, в рамках моделі набагато простіше враховувати мультидисперсність вторинної фази і вторинний розпад її частинок (якщо це краплі або бульбашки).

В рамках Ейлерової моделі також можна враховувати мультидисперсність і розпад / злиття частинок, але для цього потрібне підключення додаткових моделей рівноважного розподілу розмірів, витратних з обчислювальної точки зору. Недоліком моделі є обмеження на локальну об'ємну концентрацію частинок (менше 10%).

Отже, всі моделі, і Лагранжеві і Ейлерові, включають в себе велику кількість підмоделей для опису міжфазної взаємодії: моделі силової взаємодії, моделі теплообміну, моделі масообміну. Набори цих підмоделей для Лагранжевих і Ейлерових моделей відрізняються. Наприклад, в рамках моделі Лагранжа не можна врахувати складову бічної сили, що залежить від відстані від стінки (т. зв. «силу пристінкового змазування», wall lubrication force). У той же час в рамках Ейлерової моделі не можна врахувати, наприклад, силу, що діє на малі частинки при наявності великого градієнта температури в несучій фазі.

Перелік посилань:

1. Аналіз стану та тенденція використання комерційних програмних пакетів для одно та двокомпонентної суміші / Е.В. Колісніченко, М.В. Найда, Ю.Я. Ткачук, С.О. Хованський // Вісник НТУ «ХП». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Харків: НТУ «ХП», 2013. - №5 (979). – С. 94–99.

ВИБІР МОДЕЛІ ТУРБУЛЕНТНОСТІ ПРИ РОЗРАХУНКАХ НЕСТАЦІОНАРНИХ ПОТОКІВ В ПАРОПРОВОДАХ

В промисловості найчастіше зустрічаються турбулентні потоки. Вони мають найбільш складну форму руху рідин і газів, що є достатньо складним об'єктом для дослідження.

ANSYS Fluent і ANSYS CFX містять в собі широкий спектр різноманітних моделей турбулентності:

- RANS-моделі (осереднені по Рейнольдсу);
- LES- і DES-моделі (сучасні методи великих і від'єднаних вихорів, відповідно);
- гібридні моделі (поєднують переваги RANS- і LES-моделювання).

Найбільш популярною однопараметричною моделлю турбулентності є модель Спаларта-Алмараса. Вона широко використовується в задачах зовнішньої гідродинаміки при розрахунку безвідривних течій. У цій моделі вихрова в'язкість визначається з одного диференціального рівняння переносу турбулентної кінетичної енергії. З введенням поправок на кривизну, обертання і шорсткість, область застосування цієї моделі істотно розширилася. Також для розрахунку безвідривних течій або течій з обмеженими відривними зонами можна використовувати і двопараметричні моделі типу $k-\epsilon$ і $k-\omega$. Для тонкого прикордонного шару модель $k-\omega$ більш точно передбачає положення точки відриву, ніж модель $k-\epsilon$. Однак при розрахунку внутрішніх течій модель $k-\omega$, як правило, працює гірше, ніж $k-\epsilon$. Але, якщо необхідно розрахувати анізотропну турбулентність або досліджуються нерівноважні ефекти, використовується модель Рейнольдсових напруг (Reynolds-Stress Model). Ця модель дає найбільш точні результати для складних течій з вторинними потоками. Проте, також проводяться розрахунки на основі LES (метод великих вихорів) і DES (метод відокремлених вихорів) методів. Основна ідея методу LES полягає в локальному осередненні характеристик турбулентної течії по областям з розмірами порядку фільтра. Метод від'єднаних вихорів DES можна умовно назвати гібридним методом LES/RANS. При його використанні в прикордонному шарі використовуються нестационарні рівняння Рейнольдса, в той час як метод LES застосовується в відривних зонах. LES-зони, як правило, розташовані в області турбулентних течій, де домінують великомасштабні турбулентні структури. У пристінковій області використовуються відповідні RANS-моделі. Метод DES застосовується в основному для моделювання високореїнольдсових потоків; при моделюванні внутрішніх течій точність цього методу істотно знижується. Обчислювальні витрати при використанні методу DES менші, ніж при використанні LES, але більші, ніж при використанні методу RANS. Коли нестационарна течія яскраво виражена, при моделюванні доцільно застосовувати модель турбулентності SAS (Scale-Adaptive Simulation). Вона є вдосконаленим варіантом нестационарного методу RANS (URANS) і дозволяє отримувати достовірні результати для пульсаційної складової потоку. Модель SAS динамічно адаптується до вирішених методом URANS масштабів і дозволяє відстежити розвиток турбулентних структур в окремих областях течії.

Отже, найбільш універсальною і точною моделлю можна вважати SAS-модель, бо в нестационарних областях потоку модель працює подібно методу LES, а в стаціонарних областях - аналогічно RANS методу.

Перелік посилань:

1. Renormalization group modeling and turbulence simulations / S.A. Orszag, V. Yakhot, W.S. Flannery, F. Boysan, D. Choudhury, J. Maruzewski, B. Patel // International conference on near-wall turbulent flows, Tempe, Arizona, 1993.

УДК 621.165.62

Студент 5 курсу, гр. ТС-81мп Беляк Р.В.
Ст.викл., к.т.н. Пешко В.А.

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕСУРНИХ ПОКАЗНИКІВ РОТОРА ВИСОКОГО ТИСКУ ТУРБИНИ Т-110/120-130

При вирішенні задачі дослідження ресурсних показників енергетичного устаткування, ключовим етапом є оцінка індивідуального ресурсу найбільш напружених високотемпературних елементів. Вона потребує проведення геометричного моделювання та чисельного експерименту, що імітує експлуатацію енергетичного обладнання за певного температурного режиму. Даний чисельний експеримент дозволяє отримати нестационарні дані про тепловий стан досліджуваного об'єкту.

Наступним кроком є розрахунок напружено-деформованого стану, для якого необхідно встановити рід та інтенсивність зусиль, які діють на відповідний елемент. Так, для роторів парових турбін до таких зусиль слід віднести температурні напруження, зусилля від тиску теплоносія, відцентрові сили обертання ротору та реакції його опор.

Маючи дані напружено-деформованого стану, є можливість встановити попередні механізми старіння основного металу, визначити темпи накопичення пошкоджуваності для відповідних коефіцієнтів запасу, а також оцінити індивідуальні ресурсні показники.

Геометрична модель ротора високого тиску приведена на рис. 1. На моделі виконано побудову всіх поверхонь проточної частини ротору та геометрії кінцевих ущільнень в середовищі САПР SolidWorks. Для скорочення часу проведення чисельного експерименту, розглядаються регулююча та перші чотири нерегульовані ступені ЦВТ, де температура металу ротору ВТ відносно висока, а також мають місце максимальні градієнти температур на пускових режимах.

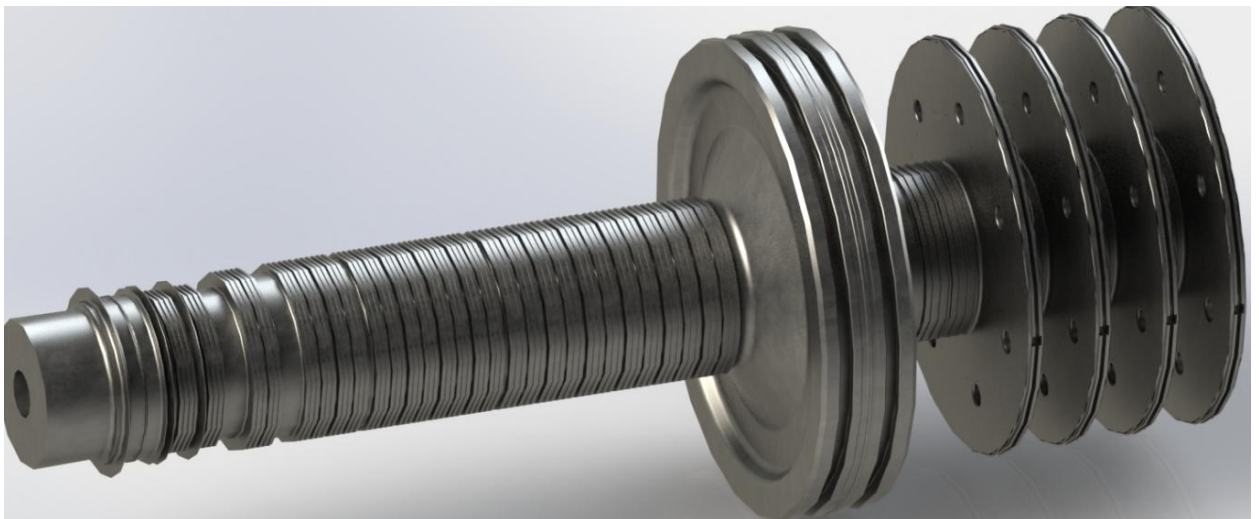


Рисунок 1 – Геометрична модель ротора високого тиску турбіни Т-110/120-130

Побудований просторовий аналог РВТ дозволяє перейти до вирішення крайової задачі нестационарної теплопровідності з заданням граничних умов теплообміну на поверхнях валу, що відповідатимуть певному експлуатаційному режиму.

Перелік посилань:

1. Comprehensive rotor service life study for high & intermediate pressure cylinders of high power steam turbines [Text] / V. Peshko, O. Chernousenko, T. Nikulenkova // Propulsion and Power Research – China, 2016 – Volume 5, Issue 4 – pp. 302-309.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЦИЛІНДРІВ НИЗЬКОГО ТИСКУ ТЕПЛОФІКАЦІЙНИХ ПАРОВИХ ТУРБІН ПРИ РОБОТІ НА ЧАСТКОВИХ РЕЖИМАХ

Умови роботи лопаткового апарату циліндра низького тиску теплофікаційних турбін характеризуються складною просторовою структурою потоку в ступенях, двофазним станом робочого тіла, значним часом роботи з мінімальним пропуском пари.

Такі режими супроводжуються підвищенням динамічних напружень в робочих лопатках, значною нерівномірністю тиску, температури і швидкістю потоку в циліндрі, а також появою значних вихроутворень у лопатковому апараті.

Рішенням проблеми температурної та вібраційної надійності останніх ступенів циліндрів низького тиску парових турбін і самих циліндрів низького тиску на маловитратних режимах забезпечується впровадженням ефективних систем загороджуючого охолодження. Для теплофікаційних турбін використання таких схем також дозволяє додатково вирішити проблему економічності установки на режимах з максимальним виробленням теплової енергії.

При розробці схеми активного охолодження мають бути задовільнені вимоги економічності, надійності і маневреності.

Перша вимога забезпечується постійною та мінімальною необхідною витратою охолоджуючої пари в проточну частину ЦНТ. При цьому забезпечується підвищення акумуляційної вологості пари на вході в направляючі апарати перших ступенів ЦНТ до 8–10%, а також досягається висока ефективність режимів охолодження.

Надійність охолоджуючих систем визначається, в першу чергу, їх конструктивною схемою, а також наявністю запірної та регулюючої апаратури по паровому і водяному трактах.

Маневреність охолоджуючих систем забезпечується часом включення і вимкнення систем в роботу.

Серед найбільш поширених систем охолодження ЦНТ є такі: охолодження безпосереднім вприскуванням конденсату через групу механічних розпилювачів у вихлопному патрубку; охолодження ступенів низького тиску введенням охолоджувача в паровпускну частину ЦНТ; охолодження ступенів низького тиску введенням охолоджуючої пари між ступенями. [1] На даний час виконуються дослідження характеристик різних систем охолодження з метою визначення найбільш оптимального варіанту, який забезпечує необхідний технічний ефект з мінімальними затратами охолоджуючої пари.

Перелік посилань:

1. Хаймов В.А., Шуть Г.А. Повышение надежности последних ступеней и экономичность режимов паровых турбин. / Новости теплоснабжения, 2011 г.– №06 (130).
2. <http://www.ntsnu.ru/62011.html>

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПАРОТУРБІННОГО БЛОКУ ВИКОРИСТАННЯМ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ

Сучасний стан теплової енергетики України характеризується тим, що значна частина обладнання (турбіни, котли тощо) відпрацювало свій парковий ресурс, його безвідказність зменшується, витрати на різні види ремонтів збільшуються, а економічність поступово зменшується і перестає задовольняти вимогам, що висуваються до економічних показників електростанцій, та вимогам щодо захисту оточуючого середовища від викидів токсичних продуктів. В Україні модернізації потребують практично всі блоки потужністю 200 та 300 МВт. Відомо, що на даний час в країні не передбачається значних вкладень на створення нового енергетичного обладнання у вигляді парогенераторів та енергоблоків. Таким чином, цілком виправданим є модернізація існуючого обладнання з метою підвищення коефіцієнта корисної дії установки. Слід також приймати до уваги, що при відсутності пікових та напівпікових потужностей в енергетиці України, покриття таких навантажень покладається на парові енергоблоки, які не пристосовані до роботи у змінних режимах необхідної частоти.

При таких обставинах в світовій практиці приділяється значна увага використанню газотурбінних установок у вигляді надбудови до паросилового циклу за різними схемами. В даний час більше 65 % нових електрогенеруючих потужностей, що вводяться в експлуатацію в світі, базуються на газотурбінних технологіях (парогазові установки, газотурбінні ТЕС), які мають явні переваги перед традиційними паротурбінними технологіями щодо ефективності, вартості, екологічності, часу введення в роботу та експлуатаційним характеристикам [1]. Вартість одного кіловату встановленої потужності для сучасної газотурбінної установки складає 500–700 дол. США, парогазової установки – 900 дол. США, а для пилувугільної електростанції вона перевищує 1200 дол. США. Сучасні серійні закордонні енергетичні газові турбіни простого циклу потужністю 300 МВт вже досягли значень коефіцієнту корисної дії до 40 %, що є на рівні пилувугільних паротурбінних ТЕС.

З урахуванням нестачі фінансових ресурсів та розміщення існуючих ТЕС на порівняно невеликих площах пропонується надбудова вітчизняних ТЕС газотурбінними установками порівняно невеликої потужності – 60–70 МВт [2], які працюють за різними схемами – комбінований цикл із скиданням вихідних газів в котлі-парогенераторі, з комбінованим циклом (Boosting), з комбінованим циклом з паралельною схемою (Topping) тощо. Як показують розрахунки для останньої схеми оптимальне співвідношення потужності ГТУ до потужності блоку складає 0,66 і при цьому можливе підвищення ККД блоку на 5–7 % і більше. Україна має всі можливості загрузити виробленням газотурбінних установок невеликої потужності вітчизняні заводи, наприклад, ДП НПКГ «Зоря-Машпроект», комплекс ДП Івченко-Прогрес», ВАТ «Мотор-Січ», ВАТ «Сумське НВО ім. М.В. Фрунзе».

Перелік посилань:

1. Халатов А.А. Парогазовые установки в электроэнергетике: современное состояние и перспективы развития в Украине / Тепловая энергетика – новые вызовы времени // Под. общ. редакцией П. Омеляновского, И. Мысака. – Львов: НВФ «Українські технології», 2010. – С. 238-247.

2. Здановский В.Г. Перспективы применения парогазовых установок с учетом особенностей энергетики Украины / Тепловая энергетика – новые вызовы времени // Под. общ. редакцией П. Омеляновского, И. Мысака. – Львов: НВФ «Українські технології», 2010. – С. 248-256.

АВТИМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТУРБІНИ К-200-130

Обґрунтування необхідності створення АСТД.

На Україні 43 енергоблоки к-200-130. Практично все обладнання відпрацювало свій ресурс. Тому особливого значення набули заходи, спрямовані на отримання даних про стан устаткування, його надійності в процесі експлуатації, вдосконалення зв'язку між оператором енергоблоку і ЕОМ при зборі, обробці значних масивів інформації, представлення результатів та рекомендацій технічного персоналу.

Наявність достовірних ситуаційних оцінок дає можливість прийняти правильні рішення в процесі експлуатації, запобігти розвитку відмов, скоротити витрати, пов'язані з незапланованим простоем, оптимізувати ремонтне обслуговування устаткування енергоблоку К-200-130 в залежності від його технічного стану.

Для підвищення безпеки та якості експлуатації у відповідності з вимогами міжнародних стандартів рекомендується створити комплекс АСТД з використанням сучасних технічних засобів.

Вивчення цієї проблеми присвячена велика кількість публікацій [1], однак на сьогоднішній день повного рішення не отримано через певну унікальність кожної системи та стрімкий розвиток систем автоматизації та діагностики.

Одним із найважливіших питань є діагностика температурного та термонапруженого стану турбоустановки.

При визначенні теплового і термонапруженого стану турбіни в рамках локальної системи діагностики є формування оперативної інформації про температурний і термонапружений стан основних елементів конструкції турбіни для обґрунтованого керування перехідними режимами енергоблоку, спостереження за температурним станом турбіни, накопичення інформації для постоперативного аналізу якості ведення перехідних режимів, оцінок накопичення малоциклової термовтомленої пошкоджуваності прогнозу діагностики вироблення розрахункового ресурсу металу роторів турбіни в процесі експлуатації.

Впровадження АСТД дає можливість:

- підвищити надійність, безпеку і економічність роботи обладнання енергоблоку;
- поліпшити використання робочої потужності енергоблоку, тобто підвищити коефіцієнт готовності ;
- оптимізувати планування виведення в ремонт енергоблоку і зменшити ремонтні витрати;
- продовжити термін служби ЕБ понад нормативного з відповідною модернізацією обладнання;
- підвищити якість експлуатації за рахунок більш достовірної та глибокої інформації, а також більшої обґрунтованості прийнятих рішень;
- об'єктивно аналізувати роботу експлуатаційного персоналу енергоблоку;
- зменшити психофізичні навантаження оперативного персоналу;
- значно знизити витрати на матеріальні ресурси.

Перелік посилань:

1. Шляхи модернізації ЦНД турбін К-200-130 / Орлик В.Г., Бакурадзе М.В. и др.

ГАЗОТУРБІННА НАДБУДОВА ЕНЕРГОБЛОКІВ ТЕС

На даний момент майже 90% обладнання, що встановлено на енергоблоках теплових електричних станцій України вичерпали свій парковий ресурс. Очевидно, що для заміни та подовження терміну експлуатації обладнання необхідні значні фінансові інвестиції, яких на жаль немає в країні. То ж потрібно шукати інші шляхи підвищення ефективності та надійності діючих енергогенеруючих потужностей.

Перспективною технологією, що широко використовується за кордоном, може стати газотурбінна надбудова енергоблоків ТЕС. Вона дозволяє зменшити питомі витрати палива на вироблення одиниці електричної енергії, а також знизити навантаження паротурбінних установок. Вітчизняними газотурбобудівними підприємствами розроблені сучасні одновальні ГТУ одиничною потужністю від 60 до 160 МВт. В якості палива вони можуть використовувати природний та генераторний газ і мазут.

Температура на виході з газової турбіни є доволі високою 600-700 °С. Скидати димові газы з такою температурою в димову трубу не раціонально, то ж запропоновано дві принципові теплові схеми парогазових установок (ПГУ), що дозволяють корисно використати цю теплоту і понизити температуру вихідних газів. Одним з варіантів утилізації цієї теплоти є скидання димових газів після ГТУ в газові підігрівачі. Такі схеми називаються утилізаційними. У вихідних газах після турбіни також міститься великий вміст кисню, тому широко застосовується скидання димових газів в топку котла, з наступним додаванням палива та згоранням. Такі принципові схеми ПГУ називаються скидними.

Хоча скидна схема не є перспективною для українських пилувугільних ТЕС. Вона вимагає реконструкції котлів, заміни пальників, а також вона є складною для котлів, що працюють на низькорекційних паливах. Тому особливу увагу необхідно приділити утилізаційним ПГУ.

В свою чергу утилізаційні схеми можна поділити на парові, водяні та комбіновані. У парових схемах відпрацьовані в турбіні газы направляються в котел-утилізатор, де віддають частину теплоти та перетворюють воду в пар, який після цього направляється у відповідну точку парового циклу. Також газотурбінну надбудову можна використовувати для витіснення частини відборів парової турбіни, тим самим збільшити її потужність. В таких схемах відпрацьовані газы направляються в газо-водяні котли-утилізатори, де підігрівається живильна вода. Вони називаються водяними.

Найкращим варіантом модернізації українських енергоблоків ТЕС є газотурбінна надбудова, яка дозволить покращити теплоенергетику в цілому, а також призведе до розвитку власних потужностей, що займаються розробкою газотурбінних установок.

Перелік посилань:

1. Костюк А.Г., Фролов В.В. Парові та газові турбіни. Підручник для вузів. - М: Енергоатомвидат, 1985.- 352 с. (на рос. мові).
2. Рижкін В.Я. Теплові електричні станції. - М.: Енергія, 1987, с. 448. (на рос. мові).

**ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СЕРЕДНЬОЇ
ЗАГАЛЬНООСВІТНЬОЇ ШКОЛИ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕПЛОПУНКТУ**

Державна політика України передбачає приділення уваги та постійному підвищенню рівня енергоефективності, що в свою чергу допомагає країні в її боротьбі за енергетичну незалежність. Положення про енергоефективність закріплені в законні України [1].

Робота в цьому напрямку є досить актуальною для України, адже більшість шкіл на теренах України не відповідають вимог встановлених у [2]. Тому при розробці заходів з підвищення рівня енергоефективності потрібно підбирати такі заходи, які допомагають досягти будівлі хоча б мінімального рівня вимог записаних в [2].

Об'єктом дослідження є СЗШ №46 у місті Києві, рік побудови 1964. Загальний стан об'єкту: зовнішні огорожуючі конструкції виконанні з цегли, тепловий опір яких не відповідає [2] та потребує у ізоляції. Більшість вікон є дерев'яними, термін служби, яких вже вичерпано, на сходових клітинах замість стінки використаний склоблок, деякі секції, якого розбиті і в цілому через дану огорожуючу конструкцію йдуть значні втрати тепла. Опалювальна площа рівна 8000 м², річне споживання електроенергії – 76254 тис. кВт год, річне споживання теплової енергії – 534,14 Гкал. Теплопункт виконаний за елеваторною схемою, що в свою чергу не дає змоги виконувати регулювання подачі теплоносія, також ізоляція деяких труб вичерпала свій термін придатності і не виконує свої функції. В приміщенні теплопункту достатньо місця для встановлення модульного теплового пункту (МТП).

Для визначення конкретних рішень з підвищення енергоефективності та встановлення власне рівня енергоефективності СЗШ №46 були задіянні наступні програмні продукти:

RETScreen;

DesignBuilder.

За результатами проведеного моделювання були запропоновані наступні заходи для підвищення рівня енергоефективності:

Встановлення МТП, що дає змогу регулювати подачу теплоносія, від цього заходу наряду залежить можливість економити теплову енергію, тому що при елеваторній схемі теплопункту регулювання подачі теплоносія відсутнє і це в свою чергу не дає змогу економити від застосування заходів з зменшення споживання теплової енергії, термін окупності 8 років;

Комплексне утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій шаром піністеролу 100 мм та заміна застарілих вікон на нові, які відповідатимуть стандартам [2], термін окупності 6 років;

Встановлення теплового насосу для потреб в гарячому теплопостачанні, термін окупності 12 років;

Ізоляція труб теплопроводу, термін окупності 2,5 роки;

Модернізація системи освітлення, термін окупності 1,5 роки.

Перелік посилань:

1. Закон України. Про енергетичну ефективність будівель (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017. – № 33. – ст.359).

2. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель.

УДК 621

Студент 3 курсу, гр. ТС-пб1 Ганжа О.М.

Ст.викл. Меренгер П.П.

ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ АЕРАЦІЙНИХ ПИЛОЖИВИЛЬНИКІВ НА ВУГІЛЬНИХ ТЕС

Сучасна пиловугільна енергетика використовує наступні види пиложивильників: лопатеві – ЛПЖ (широко поширені на ТЕС) і аераційні – АПЖ (початок розповсюдження на ТЕС у 80-х роках ХХ-го століття). Для оптимального та екологічного спалювання вугілля в котлах ТЕС необхідно забезпечення надійне та стає транспортування вугільного пилу з промбункера до пальників при мінімальних пульсаціях потоку аеросуміші в пилопроводах. При цьому головною ланкою пилосистеми є пиложивильники (ПЖ), які встановлюють в нижній частині витічників бункерів, що забезпечує статичний підпір потоку пилу на вході в ПЖ. Досвід тривалої експлуатації та проведені дослідження АПЖ на Трипільській ТЕС довели, що аераційні пиложивильники мають принципові переваги порівняно з лопатевими: простота конструкції, виготовлення і ремонту; відсутність рухомих частин і підвищення довговічності (абразивний знос живильника практично відсутній); зручність експлуатації (не вимагає мастила і щоденного обслуговування); високий коефіцієнт ремонтпридатності (контроль ведеться 1 раз в 3 місяці); відсутність електродвигунів і станції безступінчастого регулювання (знижуються витрати електроенергії на власні потреби); можливість індивідуального регулювання подачі пилу на пальники в широкому діапазоні навантаження котла (за сигналом зміни температури аеросуміші перед пальниками або ємнісним методом); забезпечення рівномірної подачі пилу до пилопроводу в часі і розподілу її по пальникам; при заміні УЛПЖ на АПЖ число пиложивильників скорочено в 2 рази (один АПЖ замінює два УЛПЖ); зниження вартості пиложивильника (АПЖ приблизно в 10 разів дешевше УЛПЖ).

Таким чином, сумарний економічний ефект за 2016 рік отриманий в результаті експлуатації системи пилоподачі високою концентрацією під тиском (ПВК_Т) з аераційними пиложивильниками на блоках №1–4 (з котлами ТПП-210А) Трипільської ТЕС виконаний за Методичними рекомендаціями по отриманню прибутку від використання об'єктів промислової власності затверджених патентним відомством України 26 серпня 1998 р. становить 7,345 млн.грн., при цьому коефіцієнті використання обладнання становить 1,86 (розрахунок виконаний виробничо-технічним відділом Трипільської ТЕС). За рахунок зниження експлуатаційних витрат на АПЖ в порівнянні з ЛПЖ отримано прибуток 196,662 тис.грн., який складається з економії, тис.грн.:

- електроенергії, яка витрачається на роботу пиложивильників – 91,62;
- кошти на ремонт електродвигунів ЛПЖ (в АПЖ електродвигуни нема) – 71,112;
- коштів, що йдуть на мастильні матеріали (АПЖ їх не потребує) – 33,93.

Решта втрат знижується на 4372,1 тис.грн. на 1 енергоблок і складається з, тис.грн.:

- від механічного недопалу палива – 2833,79;
- втрати тепла з димовими газам, що йдуть в трубу – 433,93;
- витрату електроенергії, яка використовується на розмел палива – 136,313;
- нормативні платежі за забруднення оточуючого середовища викидами NO_x – 771,36.

Аераційні пиложивильники, крім того показали працездатність в широкому діапазоні зміни навантаження енергоблоків і можуть бути рекомендовані для котлів ТЕС, що спалюють низькорекційного вугілля.

Перелік посилань

1. Оптимизация режимов аэрационных пылепитателей котлов ТЭС / Л.А. Кесова, Н.Н. Черезов, П.П. Меренгер [и др.] // Энергетика та електрифікація, 2014.– №5.– С.15–20.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ ВИКОРИСТАННЯМ ТРУБНОЇ СИСТЕМИ З НЕПОВНИМ ОРЕБРЕННЯМ

Теплообмінні пристрої конвективного типу широко використовуються в енергетиці та промисловості. Найбільш часто такі пристрої виконуються у вигляді трубних пакетів, які відрізняються високими міцністними характеристиками, технологічністю, комфортністю компоновки, монтажу та обслуговування. На їх виробництво йде значна частка металу, що використовується в енергомашинобудуванні. Зменшення витрати металу можливо здійснити за рахунок використання поперечного оребріння труб, що дозволяє максимально розвинути поверхню теплообміну в одиниці об'єму і значно покращити показники компактності та питомої металоємності [1]. В той же час при цьому виникають проблеми створення достатньо точних і універсальних методів розрахунку їх тепло аеродинамічних характеристик, подальшого удосконалення таких поверхонь, подальшого удосконалення таких поверхонь, інтенсифікації теплообміну в них.

Одним з ефективних методів, які використовуються для підвищення коефіцієнту теплоотдачі, є заміна повністю оребрених профільованих труб на частково оребрені, тобто на такі, у яких частини циліндричної поверхні, що мають велику кривизну (лобова та кормова частина) не є оребреними, тобто на цій поверхні відсутня частина оребріння, яка відносно погано «працює» не тільки тому, що, як правило, знаходяться в області аеродинамічної тіні, а також тому, її коефіцієнт ефективності нижче, ніж у тих ділянок ребер, які розташовані на плоских бокових стінках труби [2]. Крім того, лобова і кормова частини оребріння в найбільшій мірі забруднюються під час роботи.

Одним з можливих типів теплообмінних апаратів, в яких можливе використання нового типу труб з неповним оребрінням, можуть бути підігрівачі низького тиску регенеративної схеми паротурбінної установки. Умови роботи таких апаратів за тиском і температурою робочих середовищ – води і пари, дозволяють конструктивно оформити трубну систему теплообмінника у вигляді трубок з неповним оребрінням. Важливо також відмітити, що відсутність необхідності оребріння ділянок поверхні труб з великою кривизною дозволяє використати при виробленні трубок з неповним оребрінням найбільш прогресивні та дешеві технології (накатку, приварку), які забезпечують практично ідеальний термічний контакт між ребром і несучою стінкою, в той час, як технології, що використовуються зараз при виробництві повністю оребрених профільованих труб, такого не забезпечують, тому що вони засновані на механічному навиванні стрічок на трубу з наступним оцинкуванням.

Виконані розрахунки показали, що при використанні пакетів труб з неповним оребрінням в підігрівачі низького тиску коефіцієнт тепловіддачі збільшується на 15–20%. При цьому слід сподіватися на зменшення металоємності теплообмінного апарату приблизно на 10% від маси теплообмінної поверхні.

Перелік посилань.

1. Бажан П. И., Каневец Г.Е., Сельверстов В.М. Справочник по теплообменным аппаратам. – М.: Машиностроение, 1989. – 366 с.
2. Письменный Е.Н. Теплообмен и аэродинамика пакетов поперечно-оребрённых труб. – К.: Альтпрес, 2004. – 244 с.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ПАЛЬНИКІВ НА ОСНОВІ СНТ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОГНЕТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ПРИ СПАЛЮВАННІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Темпи розвитку промисловості постійно зростають і тому негативний вплив антропогенного сектора на природу стає більш помітним. У зв'язку з такою загрозою майбутньому людства, прийнята нова система життя – концепція сталого розвитку [1]. Згідно даної концепції, усі процеси життєдіяльності населення планети розглядаються комплексно, тепер ефективність це не лише економічність, а і екологічність та соціальний ефект. Інтенсивність прогресу забезпечується енергетикою, тому потужності енергогенерації та негативний вплив цього процесу постійно зростають. Енергетична галузь базується на вогнетехнічному обладнанні (ВО), ефективність якого також є комплексним поняттям, відповідно до концепції сталого розвитку.

На сьогоднішній день значна увага приділяється екологічності процесів при збереженні високих показників економічності та надійності. Комплексне регулювання та удосконалення існуючих вогнетехнічних установок відбувається з використанням сучасних технологій, при цьому значний вплив мають пальникові пристрої.

Важливість комплексного підходу полягає у тому, що ВО – складна система фізико-хімічних процесів, які тісно пов'язані між собою. Ці взаємозв'язки мають складний характер і не завжди очевидні, тому покращення одного параметру часто приводить до зміни інших, що не завжди контролюється. Використання високотехнологічного пальникового пристрою, як, наприклад, ПП СНТ, за рахунок організації топкового процесу та реалізації гідротермохімічного підходу дозволяє зменшити гідравлічний опір системи. [2] Це дозволить, по перше, зменшити витрати електроенергії та знизити викиди за рахунок спалювання меншої кількості палива для виходу на номінальні параметри, а, по друге, зменшити вихороутворення в повітряно-газовому тракті і зменшити шум та вібрацію з а рахунок зниження достатньої потужності електродвигуна і в тяго-дутьових установках.

На прикладі регулювання емісії шкідливих речовин за допомогою організації топкового режиму при зниженні оксидів азоту шляхом недопалу, про що свідчить поява монооксиду вуглецю, токсичність димових газів зростає, так як окрім СО, суттєво зростає вихід бенз(а)перену, [3] який перевищує токсичність NOx на кілька порядків. Також у цій ситуації може мати місце зниження ККД, так як недопал пов'язаний зі зниженням температури у ядрі горіння, від так радіаційний теплообмін погіршується, що веде до зниження температури робочого тіла, а отже економічна вигода при зменшенні витрат на штрафи за викиди і погіршення вихідних параметрів у процесі енергогенерації неоднозначна. За рахунок існування такого зв'язку робочих процесів ВО, у світлі концепції сталого розвитку необхідно використовувати комплексний підхід у роботі з вогнетехнічним обладнанням і враховувати весь широкий спектр екологічних аспектів, що дозволяє забезпечити використання новітніх підходів до спалювання палив, таких як струменево-нішова технологія.

Перелік посилань

1. Про Стратегію сталого розвитку "Україна - 2020": указ Президента України від 12 січня 2015р. № 5/2015
2. Абдулін М.З. Продление ресурса высокоэффективной работы энергетического оборудования на основе струйно-нишевой технологии. М.З. Абдулин, Г.Р. Дворцин, А.М. Жученко. МЭИ. 2012г.
3. Иваницкий М.С. совершенствование процесса сжигания природного газа с целью снижения выбросов бенз(а)перена. Диссертация. МЭИ. Москва. 2013.

ПОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМАТИЧНОГО СТОПОРНОГО КЛАПАНА (АЗК) ЦСТ

Ресурс більшості енергоблоків ТЕС України досяг паркового або перевищує його. Старіння обладнання значно випереджає темпи технічного переозброєння.

В енергетиці є спеціальні інструкції про порядок і періодичності контролю і про продовження терміну служби обладнання [1].

Актуальним є визначення впливу ремонтних відновлень на залишковий ресурс автоматичного захисного клапана АЗК ЦСТ турбіни К-200-130 та обґрунтування можливості подовження залишкового напрацювання за допомогою маловитратних технологій модернізації та керування залишковим ресурсом.

Для аналізу напружено-деформованого стану корпусів ЦСТ турбіни при пускових режимах розглянуті два режими: пуск з холодного стану по типу ХС ($t_{0мет} = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$) і з нестиглого стану НС-2 ($t_{0мет} = 410\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Розрахунок напружено-деформованого стану клапана АЗК ЦСТ для режиму пуску з різних теплових станів здійснювався в два етапи. На першому етапі визначалося початкове розподіл температур в АЗК ЦСТ. На другому етапі вважалася нестационарна задача теплопровідності з використанням стаціонарного температурного поля в якості початкових умов.

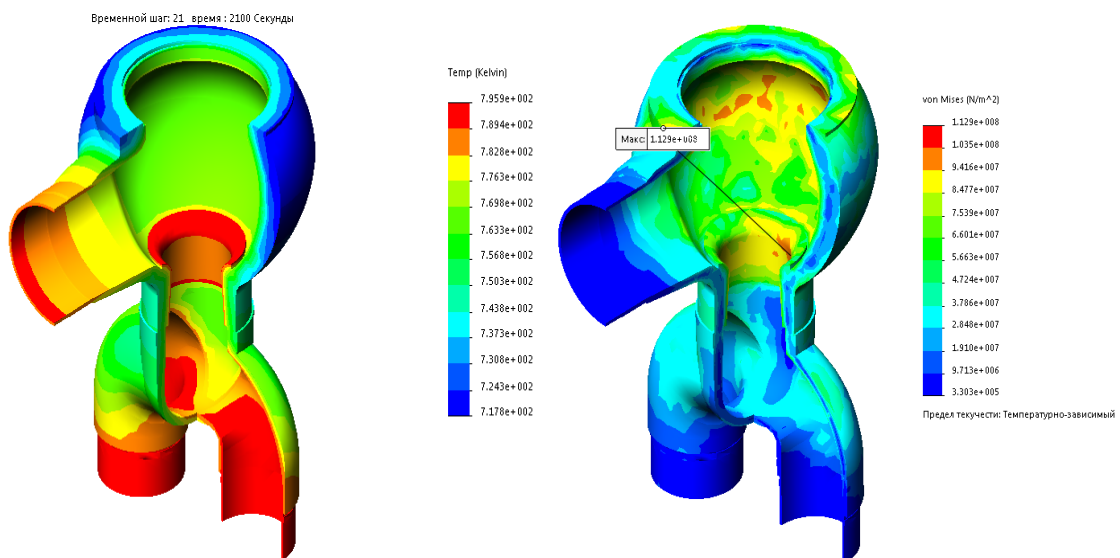


Рисунок 1 – Тепловий і напружено-деформований стан АЗК ЦСТ при пуску з нестиглого стану (НС-2)

Для підвищення надійності елементів турбіни, зменшення теплових навантажень і поліпшення якості експлуатації необхідно впровадити наступні заходи:

1. Оптимізувати пускові режими.
2. Для запобігання попадання конденсату в нижню частину ЦСТ і різкого заохолодження внутрішньої стінки при пускових і зупиночних режимах впровадити додаткові заходи щодо підвищення надійності роботи дренажів.
3. Впровадити системи моніторингу віброактивності турбоагрегатів з діагностикою стану елементів валопровода, в тому числі і на наявність тріщин в роторі.

Перелік посилань:

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року // Спец. випуск інформаційно-аналітичного бюлетеня. 23 березня 2006 р.– К.: Відомості Мінпаливенерго України. – 2006.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЖИВИЛЬНИХ ТУРБОНАСОСІВ

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, а вирішення майбутніх завдань в енергетиці неможливе без широкого використання інноваційних розробок та їх наукового супроводу. У світі, загалом, і в Україні, зокрема, виконано великий обсяг науково-технічних робіт, результати яких можуть бути використані при модернізації української енергетики.

Задача забезпечення надійності живильних турбонасосів (ЖТН) є дуже актуальною, оскільки ЖТН забезпечує тривалу безперервну роботу лінії живильної води з високою економічністю. Зменшується витрата пари живильним турбонасосом внаслідок зниження тиску води на напорі насоса. Зекономлена пара здійснює додаткову корисну роботу в турбіні.

Продуктивність живильного насоса визначається його мережевою і напірною характеристикою. Оскільки для більшості ЖТН їхній напір визначається частотою обертання і є визначальною у створенні початкового тиску P_0 , дослідження впливу режимів роботи на надійність експлуатації обертової частини насоса є актуальною задачею.

Для турбонасосу ЖТН-1100-350-24 (рис. 1), що входить до складу живильної установки теплофікаційної турбіни Т-250/300-240, передбачено проведення числових розрахунки напружено-деформованого стану на різних режимах експлуатації, з врахування вплив основних типів напружень, згідно до методики представленої в [1].

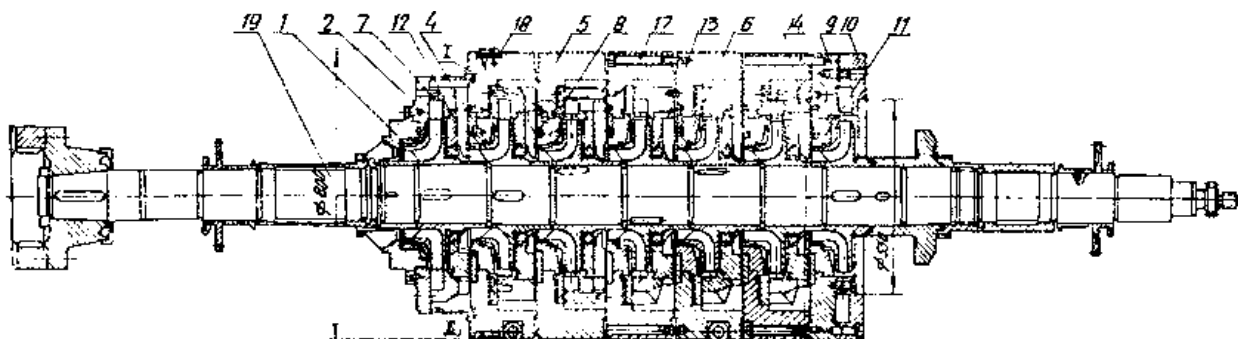


Рисунок 1 – Поперечний розріз ЖТН-1100-350-24

Дана методика передбачає проведення експериментального дослідження довготривалої міцності основного металу обладнання, що виконується на базі тривимірного просторового аналогу, з використанням кінцево-елементного методу дискретизації розрахункової моделі. На базі отриманих даних, існує можливість надання рекомендацій, щодо вибору режимів експлуатації з врахуванням факторів надійності та довговічності роботи обертового обладнання.

Перелік посилань:

1. Comprehensive rotor service life study for high & intermediate pressure cylinders of high power steam turbines [Text] / V. Peshko, O. Chernousenko, T. Nikulenkova // Propulsion and Power Research – China, 2016 – Volume 5, Issue 4 – pp. 302-309.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ МАСООБМІНУ ПРИ ПОДАЧІ ГАЗОПОДІБНОГО ПАЛИВА В ЗОНУ РЕЦИРКУЛЯЦІЇ ЗА СТАБІЛІЗАТОРОМ

Пальникові пристрої дифузійно-стабілізаторного типу, що розроблені в НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» на кафедрі ТЕУ Т і АЕС з подачею палива в зону рециркуляції забезпечують можливість ефективного спалювання газу в широкому діапазоні режимів по коефіцієнту надлишку повітря і швидкості повітряного потоку [1].

В той же час прийнята дифузійна схема з реалізацією подачі газу в зону рециркуляції супроводжується відносною довжиною зони горіння по потоку, що викликає необхідність збільшувати довжину топкового процесу, особливо на режимах, що наближаються до одиниці. Це пов'язано з нестачею окисника в корені факелу і на початковій ділянці зони горіння.

Схему відносних методів інтенсифікації процесів масообміну є закручення факелу і подача окисника в корінь факелу.

Но дослідному стенді кафедри ТЕУ Т і АЕС були проведені випробування з визначенням засобів впливу на процеси горіння методів інтенсифікації масообмінних процесів в корені і на початковій ділянці факелу.

Випробування виконувались на стабілізаторі шириною $V_{ст}=30$ мм, коефіцієнт затікання каналу $K_f=V_{ст}/V_k=0,16$, де V_k – ширина камери. Компоненти реакції (газ або повітря) подавались через центральний отвір діаметром $d_f=8.0$ мм і кільцевий канал розміром $D_f/d_f=14/10$ мм. Повітря і газ подавались по кожному сумішеутворенню і кільцевими струменями, виконувалось також закручування компонентів. Отримано характеристики запалення факелу, сталість горіння по бідному та багатому зривам, а також довжинах факелу і інтенсивність вигорання по довжині факелу.

В роботі виявлено, що подача повітря на кожний перемішувач дає можливість скоротити довжину факелу, підвищити інтенсивність горіння, особливо на початковій ділянці факелу. В той же час при цьому звужується діапазон сталого горіння факелу, що потребує подачі додаткового газового палива на організацію чергового окисленого факелу.

У сучасній топковій техніці для інтенсифікації процесу горіння використовується закручування робочих тіл. Закручені струмені, як відомо, мають підвищені ежекційну здатність, більший кут розкриття факелу і знижену його далекобійність. У варіантах з закритого потоку використовувалось закручування як газу так і повітря, при чому сопла компонентів змінювались місцями. Крім того, змінювалось розташування шнека закрутки робочого тіла вздовж глибини центрального каналу. Кут підйому гвинта шнека становив 60° . Як показали випробування, при заглибленні шнеку на відстань 30 мм, вдалось забезпечити стале горіння в широкому діапазоні режимів. У цьому випадку кут розкриття струменю при подачі повітря становив 60° . При закручуванні газу, який подавався через центральне сопло, спостерігається більш інтенсивний процес горіння на початковій ділянці факелу.

Перелік посилань:

1. Бутовский Л.С., Грановская Е.А., Любчик Г.Н., Христин В.А. Исследования закономерностей выгорания топлива за уголковыми и плоскими стабилизаторами пламени. – В кн.: Теория и практика сжигания газа. Вып.6. – Л.: Недра, 1975. – С. 324–331.

Магістрант 5 курсу, гр. ТС-81мп Дунаєнко В.А.;
 магістрант 5 курсу, гр. ТС-72мп Ласкутов В.А.
 Доц., к.т.н. Сірий О.А.

МОДЕРНІЗАЦІЯ МІСЬКИХ КОТЕЛЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗРОБОК "НТУУ КПІ" ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО

На сьогоднішній день проблема викидів шкідливих речовин в атмосферу стоїть дуже гостро. Підприємства теплоенергетичного комплексу нашої країни використовують досить великий об'єм природного газу. Це пояснюється рядом його переваг в порівнянні з вугіллям і мазутом, серед яких не найменшу роль грають і екологічні характеристики цього палива. Природний газ не містить твердих часток та практично не містить сполук сірки. Окисли азоту є одним з найбільш токсичних компонентів в продуктах згорання природного газу, тому зменшення концентрації цих речовин у атмосфері є досить серйозним завданням.

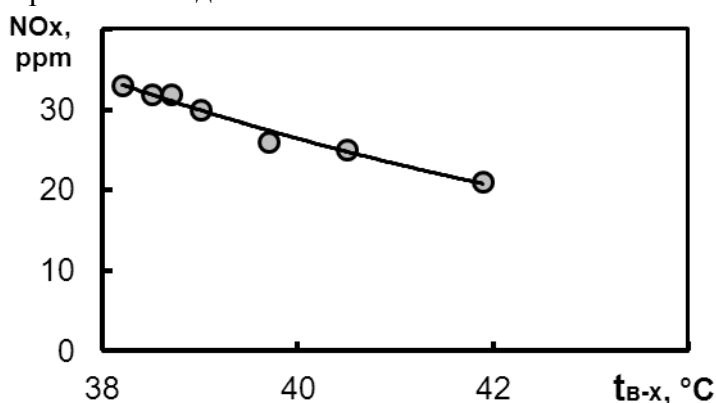


Рисунок – Залежність концентрації оксидів азоту у відхідних газах КВН-2,9 Гс в залежності від температури повітря на пальнику

Основними методами зменшення емісії оксидів азоту є такі заходи: зменшення температури в топці котла, зменшення надлишку повітря, рециркуляція димових газів, застосування пальникових пристроїв спеціальної конструкції, очистка димових газів. Слід зазначити, що відповідна організація робочого процесу пальникового пристрою (ПП) також дозволяє досягти деякого зниження емісії оксидів в продуктах згорання, а саме:

організація гомогенізації та мікрофакельного спалювання палива. Однією з перспективних розробок КПІ в галузі технологій спалювання, в якій реалізовані вищевказані принципи, є струменево-нішева технологія (СНТ) [1].

В даній роботі приведені результати еколого - теплотехнічних випробувань контактного водонагрівача КВН-2,9 Гс, обладнаного ПП типу СНТ-33, тепловою потужністю 2,5 Гкал. Особливістю технологічної схеми досліджуваної промислової установки є організація 100% зволоження дуттьового повітря на пальник.

Випробування виконані в умовах локальної опалювальної системи в м. Олександрія. На «сухому» повітрі емісія окислу азоту знаходиться в межах $C_{NO_x}=75$ ppm. Таким чином, організація зволоження дозволяє знизити концентрацію NO_x більше ніж у двічі. На графіку видно, що підвищення температури повітря, також мінімізує викиди окислу азоту. Це пояснюється збільшенням вологовмісту повітря зі значень 46 г/м³ при температурі $38,2$ °C до $60,5$ г/м³ при $t_{в-х}=45$ °C [2]. Слід зазначити, що викиди монооксиду вуглецю залишалися в межах нормативних значень, і не перевищували 16 мг/м³.

Перелік посилань:

1. Абдулін М.З. – Вітчизняні енергоефективні технології- запорука енергетичної безпеки держави/ М.З. Абдулін, О.А. Сірий // Колективна монографія- КПІ, 2013. – с. 224–233.

ОЦІНКА ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ РЕСИВЕРІВ ГОСТРОЇ ПАРИ ТУРБИНИ Т-250/300-240

Визначення індивідуального ресурсу високотемпературних елементів ТЕС України вирішує проблему забезпечення їх надійної та довгострокової експлуатації. Тривалість експлуатації головного паропроводу турбіни Т-250/300-240 на даний час близька до паркового терміну працездатності, а в ряді випадків перевищила його.[1]

При продовженні терміну експлуатації ключовим етапом є оцінка індивідуального та залишкового ресурсу. Вона потребує геометричного моделювання та чисельного експерименту, що імітує експлуатацію за певним температурним режимом. Так, для оцінки залишкового ресурсу ресиверів гострої пари було розглянуто схему головного паропроводу турбіни Т-250/300-240 приведеної на рисунку 1.

Для цього було побудовано геометричну модель паропроводу з врахуванням усіх змін за час експлуатації та проведення ремонтної компанії. На основі даних розрахунку на міцність, гідравлічного розрахунку було розраховано індивідуальний залишковий ресурс паропроводу гострої пари.

Подовження ресурсу ресиверів гострої пари при використанні комплексної схеми оцінювання залишкового ресурсу, забезпечує актуальність теми дослідження. Тому визначення ефективності існуючих та розробка нових методів управління ресурсом є ефективною задачею в науковому, так і в практичному плані.

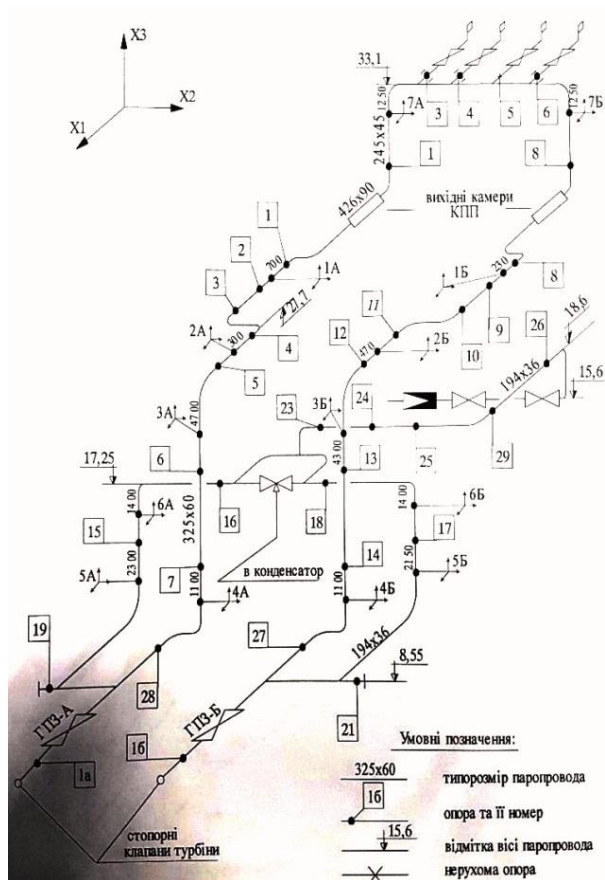


Рисунок 1 – Схема головного паропроводу турбіни
Т-250/300-240

Перелік посилань:

1. Гладштейн, В.И. Уточненная оценка остаточного ресурса паропроводов путем моделирования живую части металла при испытании образцов с надрезом [Текст] / В.И. Гладштейн // Теплоэнергетика – 2011. - № 2. – С. 6-8.

Магістрант 6 курсу, гр. ТС-71мн Затірка О.І.
Проф., к.т.н. Черноусенко О.Ю.

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО РОБОЧОГО РЕСУРСУ ТРУБОПРОВОДІВ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

Для здійснення розробки розрахунку залишкового робочого ресурсу необхідно:

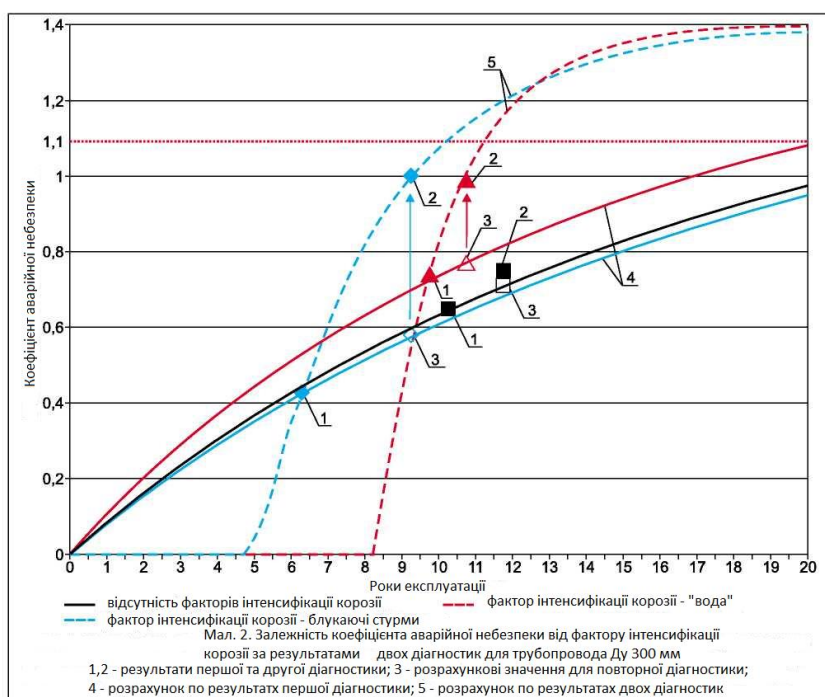
1. Конкретизувати параметр оцінки технічного стану;
2. Визначити значення параметру що розглядається, при підвищенні якого трубопровід вважається «старим»;
3. Визначити динаміку зміни параметру оцінки технічного стану в часі.

Швидкість «старіння» трубопроводу визначається корозійними процесами в основному зовнішньої поверхні – умови експлуатації. Корозійні процеси обумовленні факторами інтенсифікації корозії, до яких відносяться:

- підтоплення, прокапування, запарювання (вода);
- блукаючий струм (постійний, змінний).

Таким чином, будемо розглядати три групи трубопроводів (відносно Ду), що знаходяться в наступних умовах експлуатації:

1. Відсутній фактор інтенсифікації корозії.
2. Наявність фактору корозії «вода».
3. Наявність блукаючих струмів на трубі розглянутої ділянки.



Таким чином, для визначення залишкового робочого ресурсу ділянки однієї мережі трубопроводу теплової мережі необхідно: вихідну технічну інформацію (діаметр, радіус, протяжність, рік ремонту), здійснити діагностику трубопроводу акустичним методом. Представлені на мал.1 дані (червона та синя лінії), вказують на необхідність здійснення моніторингу технічного стану трубопроводу з 3–4 року експлуатації з періодом 2–3 роки.

Перелік посилань:

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети – 7-е изд. –М.: Издательство МЭИ, 2001. -427 с.
2. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. «Отопление и тепловые сети» ИНФРА-М, 480 с.

ШЛЯХИ РОЗВИТКУ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ В УМОВАХ СУЧАСНОГО РИНКУ

На сьогоднішній день традиційні критерії, що базуються на мінімізації приведених витрат на розвиток та функціонування паливно-енергетичного комплексу (ПЕК), є неприйнятними. В умовах лібералізації та глобалізації енергетичних ринків стають дієвими критерії та методичні засади формування варіантів розвитку ПЕК, що дозволяють забезпечити врахування специфіки його розвитку та функціонування в цих умовах.

Розробка науково обґрунтованих прогнозів розвитку та функціонування ПЕК – одна з найважливіших задач в умовах постійно зростаючого впливу ефективності та надійності енергозабезпечення на можливість сталого розвитку економіки і рівня її конкурентоспроможності, на розв'язання соціальних, а також екологічних проблем, бо саме такі прогнози є основою формування державної політики в сфері енергетики, що дозволяють одержати суб'єктам господарювання (СГ), які працюють на ринках паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), необхідну інформацію для планування своєї діяльності, зокрема інвестиційної. В умовах лібералізації та глобалізації ринків ПЕР, суб'єкти господарювання загалом приймають управлінські рішення стосовно режимів та обсягів виробництва-споживання ПЕР, доцільності інвестицій у розвиток (модернізацію) виробничих потужностей. Винятком можуть бути енергетичні компанії державної форми власності, діяльність яких може підпорядковуватись таким критеріям, як забезпечення надійності енергопостачання, мінімізація витрат для бюджетної та соціальної сфери тощо. Держава в свою чергу забезпечує надійне енергопостачання споживачів країни та прийнятний рівень цін для певних категорій споживачів, рівних умов для всіх СГ відповідно до ведення господарчої та інвестиційної діяльності, виключення можливості недобросовісної конкуренції, у першу чергу за рахунок демпінгу та цінових змов, що має забезпечуватись системою державного контролю за ситуацією на відповідних ринках ПЕР.

В умовах конкуренції приватних компаній та залучення недержавних інвестицій у розвиток енергетики були сформовані критерії розвитку ПЕК, які базуються на поняттях гранично-прийнятних цін та цінової стійкості енергетичного ринку у перспективі. Застосування цього критерію дозволяє мінімізувати ціни на ПЕР для споживачів, забезпечити прийнятний рівень прибутковості діяльності виробників ПЕР та максимізувати цінову стійкість одержаного рішення. Для забезпечення виконання зобов'язань держави щодо своєї енергетичної відповідальності, розробку прогнозу доцільно виконувати у два етапи. На першому – визначають можливості задовольнити потреби у ПЕР виключно за рахунок ринкових механізмів з урахуванням вимог енергетичної безпеки щодо джерел та обсягів імпорту ПЕР, а на другому – можливості використання механізмів державного впливу щодо розв'язання проблем енергозабезпечення, які не в змозі розв'язати ринкові механізми.

Перелік посилань:

1. Поспелов Г.С., Ириков В.А., Курилов А.Е. Процедуры и алгоритмы формирования комплексных программ – М.: Наука, 1985. – 422с
2. Шулъженко С.В. Особливості розрахунку вартісних показників в задачах прогнозування розвитку електроенергетичних систем в ринкових умовах їх функціонування// Проблеми загальної енергетики, 2008. – С. 16–20

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРАНУЛОУТВОРЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ

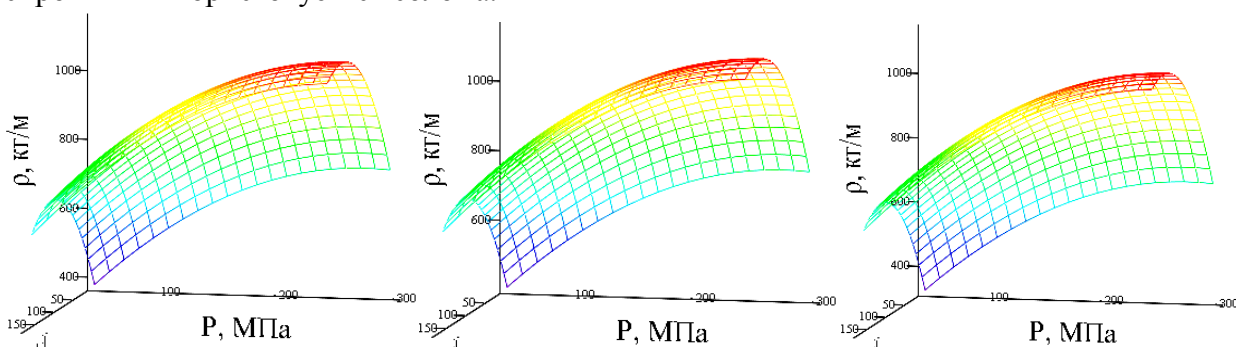
У зв'язку з підвищеним попитом на екологічно чисте паливо, який відбувається на тлі постійного зростання цін на енергоресурси, утилізація відходів рослинного походження (біомаси) стає високорентабельним способом економії енергоресурсів.

Паливні гранули (надалі біопаливо) екологічно чисте паливо з вмістом золи не більше 3%, виготовлені за допомогою преса гранулятора, які не містять добавок. В основі технології виробництва біопалива лежить процес пресування мілко подрібнених відходів деревини (тирси) або відходів рослинного походження (соломи, лушпиння соняшнику, гречки тощо) під високим тиском та нагрівання. Гранули мають незначну вологість (8—12%) та значну щільність, що забезпечує високу теплотворну здатність.

Метою дослідження являється встановлення закономірностей зміни щільності паливних гранул в залежності від температури сировини при різних тисках пресування біосировини та діаметрах гранул.

Пресування проводили за допомогою гідравлічного пресу, послідовно змінюючи тип модуля пресування, при швидкості пресування 0,005 м/с. Перед пресуванням, за допомогою зміни напруги, що подавалась на спіраль електронагріву ізольованої прес-матриці, встановлювали відповідну температуру модуля пресування. Досліди були проведені наступним чином: фіксуючи температуру прес-матриці на відмітках 20, 60, 100, 140 та 180 °С проводили пресування та розраховували щільність гранул отриманих при різних тисках пресування. Тиски пресування змінювали від 25 до 300 МПа з кроком 25 МПа. Змінивши тип сировини, досліди проводили повторно.

Нижче наведені графіки, що описує отриману математико-статистичну модель для прес-матриць з діаметрами каналів відповідно $d = 0,008$ м, $d = 0,02$ м, $d = 0,04$ м, в якості сировини використовується солома.



Отримані результати досліджень показують, що при підвищенні температури сировини під час процесу гранулювання до 130–160 °С отримані паливні гранули мають значно вищу щільність і відповідно теплотворну здатність, що, в свою чергу, веде до підвищення їх якості та вартості.

Перелік посилань:

1. Карманов В.В., Михайлик В.Д. Костюнин Н.Л. Получение топливных гранул, пеллетов, брикетов из отходов растительного сырья // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2011. – № 4(43).
2. Штефан Е.В. Исследование влияния температуры на процесс прессования дисперсных материалов / Е. В. Штефан, Д.В. Риндюк.

УДК 621.81

Студент 2 курсу, гр. ТС-71 Качківський Д.О.
Асист. Шелешей Т.В.

ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Метою даної роботи є огляд та аналіз теплонасосних (ТН) технологій та їх переваги над традиційними системами теплопостачання. А також розвиток теплонасосного способу генерування теплової енергії в Україні. Основними перевагами ТН над традиційними системами є висока екологічна та економічна ефективність та використання будь-якої механічної енергії. Принцип роботи ТН базується на вилученні частини теплоти з низькопотенційного джерела і передавання цієї теплоти в систему опалення чи гарячого водопостачання шляхом підвищення потенціалу теплоти в результаті витрачання підведеної роботи. Установки теплопостачання з ТН не потребують транспортних і вантажно-розвантажувальних робіт тому що немає проблем з придбанням палива. Також немає потреб у великому штаті працівників для обслуговування котельні на органічному паливі. Відсутнє забруднення довкілля. В передових країнах світу теплонасосні технології стали пріоритетними в забезпеченні тепловою енергією споживачів будь-якого характеру.

В нашій країні цей напрям у теплозабезпеченні поки мало розвинений тому що вартість енергоресурсів ще не так сильно впливає на споживача порівняно із Заходом. Унаслідок цього в Україні та інших пострадянських країнах питанням розвитку теплонасосних технологій не приділяється належної уваги. На сьогодні виробництво всієї номенклатури обладнання для теплонасосних систем в Україні відсутнє. Через відносно невеликий проміжок часу, коли ціна на електрику зрівняється з європейською, теплонасосна техніка і в нашій країні стане дуже перспективною. Попри порівняно невисоку вартість вітчизняних ТН порівняно із закордонними, впровадження ТН в Україні наражається на певні фінансові ускладнення та фактори новизни та незвичності такої техніки для вітчизняного споживача. За кордоном подібні проблеми долалися шляхом надання на кілька років пільг підприємствам, що впроваджують ТНУ. На державному рівні немає структури відповідальної за розвиток теплонасосних технологій в Україні, значна кількість урядовців не розуміє важливості проблематики та її впливу на майбутню теплоенергетику, особливу комунальну. Теплонасосні технології є більш вигідними ніж традиційні системи теплопостачання але в свою чергу потребують фінансовий вклад в розвиток ТНУ і час який буде затрачений на підготовку фахівців.

Перелік посилань:

1. М.М. Кулик, В.Д. Білодід Проблеми і перспективи розвитку в Україні теплонасосних технологій // Проблеми загальної енергетики, 2006.— №14 –.С. 7-12

ЗБІЛЬШЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НА ВИРОБНИЦТВІ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ВТОРИННИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Питання щодо визначення енергетичного потенціалу окремих видів альтернативного палива та оцінки прямих енерговитрат на їх видобуток чи виробництво, а також на підготовку для прямого спалювання в котлоагрегатах є пріоритетними для України. Важливим також є з'ясування потенціалу та енергетичних витрат на підготовку для спалювання таких енергоресурсів, як горючі промислові гази, які кваліфікуються як горючі вторинні енергетичні ресурси (ГВЕР), а також водню. Незважаючи на наявний значний потенціал ГВЕР у промисловості України, їх використання залишається відносно малим. Однією з проблем є саме визначення ресурсного потенціалу, а також енергоємності процесів підготовки окремих видів ГВЕР для прямого спалювання в котлоагрегатах. Недостатньо обґрунтованим є питання використання водню як палива.

Реально у практиці ГВЕР можуть стати додатковим джерелом палива для промислової та міської комунальної теплоенергетики за рахунок зменшення втрат, рівень яких на сьогодні залишається ще високим. За окремими видами ГВЕР втрати склали: доменний газ – 450,5 тис. т у.п. (7,58 % від загального обсягу виходу доменного газу); конвертерний газ – 397,7 (98,39 %); феросплавний газ – 153,1 (66,42 %); відходи лісозаготівлі та деревообробки – 28,5 (22,82 %); чорний луг використовується в повному обсязі і втрат не має.

Водень (проорокується деякими вченими світу як паливо майбутнього) за своїми теплотехнічними характеристиками має переваги над іншими вуглеводними видами палива, а саме: масова нижча теплота згорання у 2,8–3,0 рази перевищує цей показник інших видів палива нафтопереробки і природного газу (нижча теплота згорання водню 119970,76 кДж/кг (28660 ккал/кг) або 10402,21 кДж/м³ (2485 ккал/м³); жаропродуктивність молекулярного водню 2235 °С, що на 200 °С вище жаропродуктивності метану; при згоранні 1 м³ водню при теоретично не обхідній кількості повітря утворюється 2,88 м³ продуктів згорання, а при конденсації водяної пари цей об'єм знижується до 1,88 м³ (для порівняння цей показник для природного газу вищий у 4 рази); висока реакційна здатність; екологічно чисте паливо.

На основі проведеного аналізу оцінено енергетичний потенціал та прямі витрати енергоресурсів на підготовку спалювання в енергетичних установках окремих видів ГВЕР. Загальний енергетичний потенціал ГВЕР за оптимальним варіантом складає 1160 тис. т у.п., за ймовірним – 960, а на його реалізацію знадобиться за варіантами 2,86 тис. т у.п. та 2,42 відповідно. Прямі витрати енергоресурсів на отримання та приготування до спалювання окремих видів ГВЕР, приведених до 1 т умовного палива складають: доменний газ – 3,77 кг у.п.; конвертерний газ – 1,2; феросплавний газ – 1,64. Для порівняння, прямі витрати на видобуток і транспорт природного газу складають 11,5 кг у.п.

Перелік посилань:

1. Білодід В.Д., Куц Г.О. Енергетичний потенціал окремих видів альтернативного палива та оцінка енерговитрат на їх підготовку для прямого спалювання в котлоагрегатах // Проблеми загальної енергетики. – 2011. – Вип.1(24). – С.32-39

2. Білодід В.Д., Куц Г.О. Енергетичний потенціал горючих вторинних енергоресурсів і водню, а також витрати на підготовку їх прямого спалювання // Проблеми загальної енергетики. – 2011. – Вип.2(25). – С.32-39

ВИСОКОЕФЕКТИВНІ СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ ТА ЇХ МАЙБУТНЄ

Сонячні панелі – це фотоелектричні елементи, які виробляють електричну енергію під впливом сонячного світла. Неважливо, чи ці панелі використовуються на сільськогосподарських угіддях чи на великих підприємствах, у принципі їхньої роботи немає змін. Єдиною відмінністю у них є розмір і кількість виробленої електрики. Це означає, що на великих підприємствах нам потрібні потужніші сонячні панелі. Слід зазначити, що більшість виробників світу орієнтовані на комерційні енергетичні системи. Це можна пояснити тим, що існує дефіцит основного джерела енергії (газ, нафта, вугілля), особливо в Іспанії, Німеччині, США та ОАЕ, де сонячна енергія надзвичайно розвинена. Нині в Україні сонячні панелі скоріше виключення, ніж правило, але прогрес все ще існує і навіть дуже помітно. Один з елементів, який необхідний при виробництві сонячних панелей, є кремній. Окрім кремнію використовуються мідні сульфід, галій і індій. Використання одного цих елементів робить їх значно стійкими до високих температур. У виробництві сонячних панелей використовуються різноманітні технології, де загальними є: полікристалічні, монокристалічні.

Основою для перетворення сонячної енергії в електричну є фотоелектричний ефект, що з'являється під впливом сонячного світла (фотона). Гетерогенна структура створюється легуванням різних домішок. За період використання (понад 20–25 років) сонячних панелей вироблено значно більше електроенергії, ніж витрачено коштів на їх виробництво і встановлення. У більш розвинених країнах, термін окупності фотоелектричних панелей складає 3–4 роки. Можливості сонячних панелей і їх майбутнього використання щороку стає більш популярним. Їх використовують не тільки в електрифікації заміського, багатоквартирного будинку, а також в сільськогосподарській діяльності. Встановлення сонячних панелей стало доступним вже давно: вони постачають енергію різним теле-, радіо-, GPS-супутникам та інших космічним апаратам. Більшість матеріалів і нових технологій випробовується на орбіті Землі, а потім вони використовуються в повсякденному житті. Штучні дерева з цими панелями виробляють енергію для вуличного освітлення, точки доступу Wi-Fi, зарядки телефону. Встановлення цих фотоелементів дає можливість для самостійного освітлення світлофорів та інших об'єктів інфраструктури. Встановлення сонячних панелей відбувається у дорожньому покритті. Ми можемо не тільки отримувати додаткову енергію, але й також використовувати її для інших цілей: високе освітлення об'єктів дорожнього руху, видалення та очищення водостоку, танення снігових мас тощо. У медичній практиці фотоелементи мають своє місце використання – акумулятори, що імплантуються під шкіру, щоб уникнути зміни панелей в різних імплантах.

Одним з найперспективніших напрямків енергозбереження на сьогодні є сонячна енергетика за рахунок того, що сонячне випромінювання надходить в достатній кількості на майже усю поверхню Землі. Ми проаналізували шляхи використання сонячних панелей та їх потенціал. В багатьох країнах світу практика показує, що сонячні панелі розглядаються не як короткостроковий проект, який незабаром буде забутий, а навпаки, як просунута технологія на майбутнє. Мінеральні ресурси вичерпуються щодня і настане час, коли ці ресурси стануть абсолютно виснаженими, тому ми можемо розраховувати тільки на сонячну енергію. Альтернативне джерело енергії – сонячні панелі – можуть гарантувати певну екологічну безпеку.

Перелік посилань:

1. Д.К.Беш. Панелі сонячних батарей, як вони будуються і їх майбутнє / Д.К.Беш // Відновлювальна енергетика. – 2017. – С. 32–45.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕМІСІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ СТРУМЕНЕВО-НІШЕВОЇ СИСТЕМИ

Наразі в Україні діє національний план скорочення викидів в атмосферу. Відомо, що одним з основних джерел забруднення оточуючого повітря є енергетика. Згідно з Директивою 2010/75/ЄС на операторів великих (>50 МВт) установок, що використовують паливо покладено зобов'язання забезпечити скорочення викидів діоксиду сірки та оксидів азоту, а також домогтися досягнення граничних концентрацій викидів цих забруднювачів. План розрахований на 2018-2033 роки.

З поміж негативних факторів впливу енергетичних об'єктів на навколишнє середовище одними з найбільш небезпечних є викиди окислу азоту, відносна токсичність якого набагато перевищує токсичність оксидів вуглецю та сірки. Слід зауважити досить високе значення валових викидів, а також багатоваріантність їх негативного прояву [1].

Для розрахунку викидів NO_x розроблена CFD-модель процесу, що протікає в струменево-нішевій системі (СНС). В загальному випадку вона містить геометричну модель СНС, створену на її основі скінченно-елементну модель з граничними умовами і математичним описом розрахункового процесу, який реалізовано засобами ANSYS-Fluent.

При моделюванні було враховано: термічний механізм утворення оксидів азоту, взаємодію «швидких» оксидів азоту. Модель враховує турбулентно-хімічну взаємодію компонентів і дозволяє обчислювати рівні NO_x з урахуванням впливу турбулентних пульсацій при осередненій за часом швидкості реакції [2]. Результати моделювання концентраційного поля окислів азоту приведено на рис. 1.

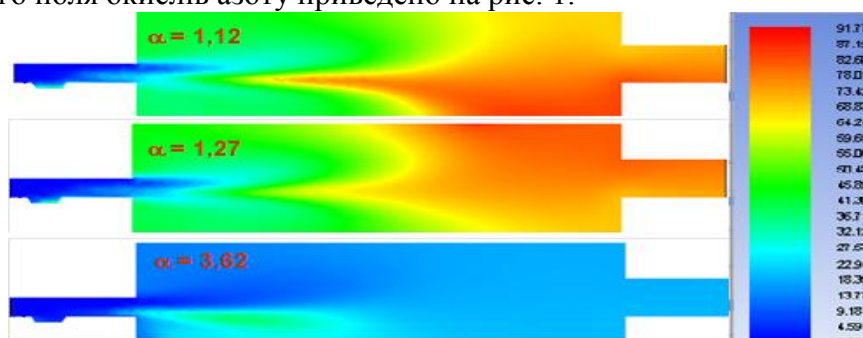


Рисунок 1 – Поле концентрацій оксидів азоту в центральному перетині дослідної ділянки (при $\alpha=1,12$, $1,27$ та $\alpha=3,62$)

Запропонована 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%.

Представлені числові результати підтверджують ефективність досліджуваного стабілізатору полум'я щодо забезпечення сталості горіння без зривів полум'я в широкому діапазоні робочих навантажень системи.

Перелік посилань:

1. Clean technology center, *Nitrogen Oxides (NO_x), Why and How They Are Controlled*, EPA-456/F-99-006R, November 1999. INTERNET / World Wide Web Home Page, <http://www.epa.gov/ttn/catc>.

2. N. Chernetskaya, M. Chernetskiy and A. Zhukov, Effect of the reburning zone stoichiometry on the NO_x concentration at the three-Stage combustion of pulverized coal. doi: 10.1051/mateconf/2016727201022.

ДОСВІД АВАРІЇ НА АЕС ФУКУСІМА-1 ДЛЯ БЕЗПЕКИ ДІЮЧИХ АЕС УКРАЇНИ

В 30-ти країнах світу експлуатується 194 атомних станції з 435 ядерними енергоблоками загальною потужністю 370 050 МВт [1].

Після важкої радіаційної аварії 11 березня 2011 року на АЕС Фукусіма-1 (Японія) світове ядерне співтовариство активно займалося питаннями глибокого вивчення хронології аварійних подій, аналізу причини аварій і оцінки соціально-економічних та екологічних наслідків радіаційного впливу на навколишнє середовище.

Досвід цієї аварії показав недопустимість загальноприйнятого підходу виключення відносно малоімовірних екстремальних подій.

На жаль, були виявлені проблеми, пов'язані як з уразливістю існуючих енергоблоків на АЕС Фукусіма-1 до екстремальних зовнішніх впливів, так і недостатня підготовленість обслуговуючого персоналу до запобігання і подолання умов виникнення і розвитку аварії, а також щодо вжиття заходів для локалізації та ліквідації її наслідків.

Метою проведених наукових досліджень був перегляд загальноприйнятого підходу до аналізу причин виникнення та моделювання радіаційних аварій на основі ризику-орієнтованого методу, розробки нових протиаварійних заходів і контрзаходів шляхом удосконалення існуючих нормативно-регулюючої та науково-методичної бази з управління запроектними аваріями для запобігання виникнення важких радіаційних аварій, а також мінімізація їх екологічних наслідків.

На даний час 4 АЕС України експлуатують 15 реакторів типу ВВЕР. Імовірність виникнення на АЕС України землетрусів потужністю 9 балів або ж цунамі заввишки більше 20 м практично виключена. Однак досвід важкої аварії на АЕС Фукусіма-1 визначає підвищену актуальність для АЕС з ВВЕР цілого ряду додаткових заходів з підвищення безпеки, серед яких можна виділити наступні:

- 1) підвищення надійності систем, які забезпечують резервне і аварійне електропостачання;
- 2) підвищення надійності та ефективності систем, що забезпечують пожежо- та вибухобезпечність;
- 3) кваліфікація систем, важливих для безпеки, в умовах запроектних аварій;
- 4) перегляд загальноприйнятого підходу, а саме удосконалення нормативно-регулюючої та науково-методичної бази управління щодо малоімовірних запроектних і важких аварій, розширення переліку вихідних подій і послідовностей розвитку важких аварій з урахуванням передісторії виникнення та розвитку запроектних аварій, розробка організаційно-технічних заходів і симптомно-орієнтованих інструкцій.

Перелік посилань:

1. Офіційний сайт МАГАТЕ. - Сторінка оперативної інформації про події. – www.iaea.org.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ТЕПЛОФІКАЦІЙНОЇ ТУРБИНИ

Ефективність використання відборів пара теплофікаційних турбін (опалювальних, регенеративних) для потреб теплового споживання значною мірою визначає економічність роботи теплоелектроцентралей. В умовах, коли необхідно продовжити термін служб морально і фізично застарілого обладнання потрібні дієві та маловитратні заходи щодо підвищення ефективності роботи ТЕЦ. Особлива увага повинна бути приділена використанню низькопотенційних регенеративних відборів пари для покриття теплових навантажень [1].

На більшості ТЕЦ деаерація додаткової води проводиться в атмосферних деаераторах невеликими якими є: невелика продуктивність по воді (до 300 т/год), значні втрати конденсату пари, що гріє; зниження економічності і ускладнення теплової схеми ТЕЦ; необхідність установки підігрівачів на недеаерованій воді призводить до їх інтенсивної корозії і знижує надійність і економічність установки; значні габарити деаераційної установки (колонки). Тому зараз широко застосовуються для деаерації води деаератори вакуумного типу. Схеми їх підключення визначаються необхідною кількістю деаерованої води і теплової схемою турбіни. Розглянемо це на прикладі теплової схеми турбіни Т-100-130: 1. Традиційно, при наявності промислового відбору пар з нього відбирається в схему деаерації для підготовки води. Недолік - пар відносно високих параметрів. 2. Схема з використанням для підігріву додаткової води для деаератора мережевих підігрівачів. Недолік - температура мережної води може змінюватися, що може впливати на продуктивність деаератора. 3. Використання 5-го відбору пара для підігріву додаткової води перед деаератором. Перевага - використання низькопотенційного відбору пара, додаткове вироблення електроенергії на тепловому споживанні. Крім того, технологія використання 5-го відбору пара може застосовуватися для підігріву дуттьового повітря в калорифери ТЕЦ перед повітряпідігрівачем [1,2].

В якості підігрівача додаткової води для вакуумного деаератора може використовуватися підігрівач низького тиску сьомого відбору турбіни (перший по ходу конденсату, в процесі роботи він найчастіше недовантажений і іноді відключається). Для підвищення ступеня регенерації можна замість неефективних пікових водогрійних котлів застосувати піковий мережвий бойлер, який підключається до третього відбору турбіни [1].

Висновки: Для підвищення ефективності роботи теплофікаційних турбін представляють великий інтерес заходи, які дозволяють використовувати пар з відборів турбіни такі, як: використання 5-го відбору для роботи вакуумної деаераційної установки, для підігріву дуттьового повітря; заміна пікових водогрійних котлів на піковий бойлер.

Перелік посилань:

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. 7-е изд., М.: Издательство МЭИ, 2001. 472 с.
2. Яковлев Б.В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения. М.. Новости теплоснабжения, 2008. – 448с.

ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ НА ВЛАСНІ ПОТРЕБИ ТЕПЛОФІКАЦІЙНОГО ЕНЕРГОБЛОКУ

Якщо порiвнювати конденсацiйний енергоблок з теплофiкацiйним, то до складу обладнання додасться теплофiкацiйна установка (на КЕС вона може бути невеликої потужності). На ТЕЦ теплофiкацiйна установка включає: мережеві пiдiгрiвачі (великої теплової потужності), пiковi водогрiйні котли, мережеві насоси, ХВО і установку для деаерацiї пiдживлення теплової мережi. Це обладнання в значнiй мiрi споживає рiзні види енергiї і кiлькiсть її визначається тепловим навантаженням споживача. Якщо на КЕС цi витрати становлять 1–3%, то на ТЕЦ можуть бути до 10% [1, 2].

Тому важливо розглянути заходи, якi дозволяють знизити витрати на власнi потреби теплофiкацiйного обладнання для пiдвищення ефективностi роботи ТЕЦ [2]:

1. Ефективна робота мережевих пiдiгрiвачiв важлива умова для роботи ТЕЦ. У Європi та Скандинавських краiнах замість трубчастих мережевих пiдiгрiвачiв застосовують пластинчасті. Їх перевага: висока тепловiддача, низький гiдравлiчний опiр.

2. Пiковим водогрiйним котлам необхідно додаткове паливо і електроенергiя на обслуговування. Доцiльно їх замiнити пiковими бойлерами (пiковими мережевими пiдiгрiвачами), якi будуть використовувати пар з вiдборiв турбiни для нагрiву мережної води.

3. Для ефективної роботи мережевих насосiв рекомендуються такi заходи: заміна насосiв з бiльш високим ККД; реконструкцiя проточної частини насоса; застосування гiдромуфти; застосування частотно-регульованого приводу.

4. Замiна атмосферних деаераторiв на вакуумні. Для роботи вакуумної деаерацiйної установки використовується пар з бiльш низькими параметрами, що дозволяє збiльшити вiроблення електроенергiї на тепловому споживаннi.

Крiм того, треба видiлити ряд заходiв для теплових мереж, якi можуть сприяти зняттю витрат на власнi потреби теплофiкацiйного обладнання: перехiд на якiсно-кiлькiсне регулювання (досвiд Скандинавських краiн), покриття внутрiшньої частини труби складами, що знижують гiдравлiчний опiр (до 20%), застосування самокомпенсуючих труб (призводить до зменшення кiлькостi температурних компенсаторiв і зняттю місцевих гiдравлiчних втрат) [1, 2].

Висновки: Наведений перелiк заходiв, пов'язаний iз замiною мережевих пiдiгрiвачiв, пiкових водогрiйних котлiв на пiковий мережевий бойлер, реконструкцiя або заміна мережевих насосiв, використання вакуумних деаераторiв і ряд заходiв в теплових мережах може знизити витрати на власнi потреби теплофiкацiйного обладнання на 2–3%.

Перелiк посилань:

1. Яковлев Б.В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения. М. Новости теплоснабжения, 2008. – 448с.
2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. 7-е изд., М.: Издательство МЭИ, 2001. 472 с.

УДК 621.6

Студент 3 курсу, гр. ТС-пб1 Коцюба О.А.

Ст.викл. Меренгер П.П.

ОЧИЩЕННЯ ДИМОВИХ ГАЗІВ ВІД ОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ ПРИ СПАЛЮВАННІ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ПАЛИВ

Оксид вуглецю (СО), водень, ненасичені, насичені, ароматичні вуглеводні і сажисті частинки є продуктами неповного згоряння вуглеводнів при спалюванні всіх видів палива.

Процеси горіння грають головну роль в утворенні забруднень атмосфери. В якості палива найбільш широко застосовують вугілля, природний і попутний газ, мазут в деяких країнах – деревину. Основні продукти згоряння вуглеводневих палив – діоксид вуглецю та вода. В результаті окислення домішок, що містяться в паливі, утворюються також оксиди сірки і азоту. Продукти неповного згоряння мазуту або вугілля у вигляді летючих органічних сполук є компонентами диму і забруднюють атмосферу.

При спалюванні газоподібного палива наявність продуктів неповного згоряння в значних концентраціях неприпустимо, оскільки це призводить до забруднення атмосфери токсичними речовинами і до зниження ККД установок.

Основні причини неповного згоряння палива:

- спалювання газів з недостатньою кількістю повітря;
- погане змішання горючих газів і повітря до і в процесі горіння;
- надмірне охолодження полум'я до завершення реакцій горіння.

Очищення від оксиду вуглецю СО.

• Оксид вуглецю (чадний газ) – безбарвний газ без запаху, дуже токсичний. При температурі $-79\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нормальному атмосферному тиску зріджується, при температурі $-205\text{ }^{\circ}\text{C}$ переходить в твердий стан.

• Незважаючи на велику небезпеку оксиду вуглецю і значна кількість його викидів, промислових установок для очищення повітря від оксиду вуглецю немає.

• Можуть застосовуватися такі способи очищення повітря (газів) від оксиду вуглецю: сорбція СО рідкими і твердими поглиначами, каталітичне окислення СО в значно менш небезпечний діоксид вуглецю CO_2 при порівняно невисокій температурі і, нарешті, допалення СО до CO_2 .

• Сорбційні процеси малоперспективні для очищення значних кількостей повітря (газу) головним чином через малу поглинальну здатності сорбентів.

• Спалювання СО і CO_2 можна здійснити, якщо температура підтримується вище $800\text{ }^{\circ}\text{C}$, тобто вище температури займання СО, і концентрація СО в газі, що очищується становить понад 12%. У більшості випадків параметри повітря не дозволяють використовувати даний метод.

• Каталітичне окислення СО і CO_2 – найбільш реальний і перспективний спосіб очищення газів від СО. Велике значення надається вибору найбільш ефективного каталізатора. Одним з них є каталізатор платинової групи. При пропуску газу, що очищається через даний каталізатор з товщиною шару 150 мм, при температурі $300\text{--}350\text{ }^{\circ}\text{C}$ і гідравлічному опорі шару 15 кПа досягається повне окислення СО до CO_2 .

Перелік посилань:

1. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) / Под ред. Н.В. Кузнецова, В.В. Митора, И.Е. Дубовского, Э.С. Карасиной. — 2-е изд., перераб. / Репринтное воспроизведение издания 1973 г. — М.: Эколит, 2011. — 296 с.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВЕР ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТРЕБ КРАЇНИ

Вторинні енергоресурси (ВЕР) – енергетичний потенціал відходів, продукції, побічних та проміжних продуктів, що утворюються в технологічних агрегатах, який не використовується в самому агрегаті, але може бути частково або повністю використаний для енергопостачання інших споживачів. ВЕР утворюється у вигляді горючих та теплових відходів, а також енергії надлишкового тиску. Вихід ВЕР обумовлений недостатньо ефективним використанням палива та енергії в основних технологічних процесах і їх енергетичною недосконалістю.

Основна кількість ВЕР у промисловості України утворюється та використовується на підприємствах чорної та кольорової металургії, хімічної, нафтохімічної, нафтопереробної, газової промисловості, важкого машинобудування та промисловості будівельних матеріалів.

Використання вторинних енергоресурсів досить ефективно внаслідок того, що виробляється теплоенергія без витрат палива. За рахунок цього собівартість та капітальні витрати на виробництво теплоенергії з використанням ВЕР в 3-4 рази нижчі, ніж при її виробництві традиційними методами. Крім того утилізація ВЕР сприяє підвищенню продуктивності та строку служби роботи технологічного агрегату.

Рівень використання ВЕР може бути значно збільшений за рахунок виробництва електроенергії – універсального енергоносія, повне використання якого може бути забезпечене цілорічно. Електроенергетичний напрямок використання теплових ВЕР особливо актуальний в умовах дефіциту палива для виробництва палива. Значний ефект у використанні ВЕР може бути досягнутий за рахунок за рахунок кооперування підприємств промислових вузлів.

Використання ВЕР в промисловості України є додатковим джерелом нетрадиційного палива, реалізація якого має велике значення для підвищення надійності промислового енергопостачання і вирішення проблем, пов'язаних із шкідливим впливом об'єктів теплоенергетики на екологічну ситуацію. Використання ВЕР є міжгалузевою комплексною проблемою, яка включає необхідність вирішенню ряду організаційних, технічних, економічних питань. Українськими вченими розроблені нові технічні рішення по використанню ВЕР, більшість із яких знайшли досить широке використання в Японії, США, Канаді, Німеччині. Використання ВЕР – високоефективний напрямок. Одним із напрямків вирішення питань використання ВЕР на державному рівні є створення спеціальної програми, яка на відміну від значної кількості державних та інших програм вирішувала б питання матеріального і технічного забезпечення. Крім економії органічного палива використання ВЕР в промисловості дозволяє суттєво зменшити шкідливий вплив об'єктів теплоенергетики на навколишнє середовище. Вирішенню питання широкого впровадження ВЕР заважає, перш за все, відсутність вітчизняного утилізаційного обладнання, законодавчої бази і економічної забезпеченості.

Перелік посилань:

1. Ковалко М.П., Денисюк С.П. Енергозбереження- пріоритетний напрямок державної політики України.-К.: Укренергозбереження,1998.-511с.

ЕЛЕКТРОБАРОМЕМБРАННИЙ ПРОЦЕС ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД ІОНІВ Fe^{3+} З ОТРИМАННЯМ ЛУГУ, КИСЛОТИ І ВОДНЮ

Залишкова концентрація іонів Fe^{3+} у стічних водах, які утворюються в процесі регенерації зернистих загрузок фільтрів станцій знезалізнення підземних вод, становить 100–300 мг/дм³.

На сьогодні для очищення води від іонів Fe^{3+} широко використовують метод мікрофільтрації на основі трубчастих титанових мембран, які при вирішенні екологічних проблем є більш перспективними у порівнянні з іншими методами. Переваги: більша міцність, стійкість до високих температур і агресивних середовищ, біологічних забруднень, більший строк експлуатації та можливість регенерації зворотним потоком фільтрату.

Зі збільшенням концентрації іонів Fe^{3+} у вихідній воді до 56 мг/дм³ (рН=3,02) при очищенні титановою мембраною без електричного струму вміст цих іонів у фільтраті відповідав нормі гранично допустимої концентрації (ГДК) за загальним залізом у стічних водах підприємств на скидання в каналізацію, зокрема, м. Києва, яка становить 2,0 мг/дм³.

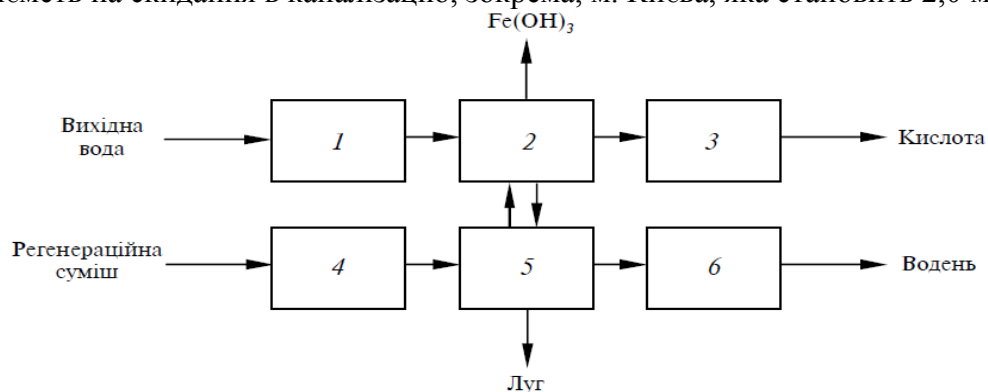


Рисунок – Принципова блочна схема очищення води від іонів Fe^{3+} з отриманням луку, кислоти та водню електробаромембранним методом з регенерацією мембран: 1 — попереднє очищення води від механічних і колоїдних домішок; 2 — очищення води від іонів Fe^{3+} ; 3 — отримання кислоти; 4 — отримання луку; 5 — отримання водню; 6 — регенерація мембран

Розроблена принципова блочна схема очищення води від іонів Fe^{3+} з отриманням луку, кислоти та водню електробаромембранним методом. Розроблена технологічна схема складається з вузлів попереднього очищення води від механічних і колоїдних домішок, очищення води від іонів Fe^{3+} , отримання кислоти, луку та водню і регенерації мембран.

За допомогою цієї схеми можна отримати за 1 год з 1 м² поверхні титанової трубчастої мембрани катода 15—60 дм³ луку з рН ~ 12; 20—65 дм³ водню та відповідну кількість кислоти з рН ~ 2,5.

Перелік посилань:

1. Житенев Б.Н., Науменко Л.Е. Энергоэффективная технология очистки промывных вод станций обезжелезивания подземных вод // Конгресс “Вода—2010”, 28 апреля 2010 г.: Тезисы докл. — Минск, 2010. — С. 26 – 28.

2. Дульнева Т.Ю., Кучерук Д.Д. Электробаромембранный процесс очищения стічних вод від іонів Fe^{3+} з отриманням луку, кислоти і водню; Інститут колоїдної хімії та хімії води НАН України, Київ, 2015. — С. 16 – 24.

УТИЛІЗАЦІЯ ВТРАТ ТЕПЛОТИ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРА ТЕЦ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕПЛООВОГО НАСОСУ

Україна має давні традиції у сфері комбінованого виробництва електричної енергії і теплоти. Відпуск теплоти з відпрацьованою парою здійснюють всі електричні станції України, але основний обсяг теплоти приходиться на спеціалізовані ТЕЦ загального користування та промислові ТЕЦ, які забезпечують покриття 30% теплових потреб споживачів систем централізованого теплопостачання країни та до 20% відпуску електричної енергії від теплових електричних станцій енергетичної системи.

Разом з тим, в останні роки робота ТЕЦ викликає певні негативні наслідки. Вони пов'язані із тим, що основним видом палива більшості ТЕЦ України, з огляду на екологічні наслідки їх близького розташування до районів масової житлової забудови, є екологічний природний газ, вартість і дефіцитність якого стрімко зростають.

Це викликає необхідність скорочення витрат природного газу на ТЕЦ, пов'язаних, у першу чергу, з виробництвом електричної енергії. Основні шляхи вирішення цієї задачі, полягають у підвищенні енергетичної ефективності роботи ТЕЦ за рахунок скорочення її енергетичних втрат. Одним з перспективних напрямів здійснення цього вважається корисне використання теплових втрат ТЕЦ за допомогою теплових насосів. Застосування теплових насосів (ТН), здатних підвищувати температурний потенціал теплоти, що утилізується, до рівня, необхідного для використання за корисним призначенням, суттєво розширює номенклатуру та можливості утилізації теплових втрат ТЕЦ.

Результати розрахунків показують, що для найбільш розповсюджених турбоагрегатів ТЕЦ потужністю 50–60 МВт, 110–120 МВт та 320 МВт теплові втрати генераторів складають від 1 до 4,2 МВт. Це визначає актуальність подальших досліджень питань організації відбору і утилізації теплоти газового охолодження турбогенераторів ТЕС для потреб зовнішнього теплопостачання за допомогою теплових насосів.

Проведено аналіз конструктивних і режимних особливостей роботи систем газового охолодження генераторів потужністю від 2,5 до 250 МВт, які практично використовуються на ТЕЦ і ТЕС України, для кожного типу генератора визначений потенціал теплових втрат, що можуть бути утилізовані тепловими насосами.

Запропоновано схеми включення теплового насосу в систему газоохолодження генератору, розроблені математичні моделі процесів вилучення теплоти охолодження у випарниках теплового насосу, виконано розрахунок номінальних і робочих параметрів теплового насосу – утилізатору, інтегрованого в теплову схему ТЕЦ з теплофікаційною паровою турбіною типу Т-250-240.

Впровадження схеми дозволяє знизити споживання природного газу на ТЕЦ, що забезпечує зменшення витрат на придбання палива з економічним ефектом у обсязі від 0,574 до 1,242 млн.дол. США на рік у залежності від варіанту видачі потужності теплового насосу. Термін простої окупності проекту оцінюється в 1–2 роки у залежності від варіанту здійснення за чинних цін на паливо.

ДОСВІД КРАЇН ЄВРОПИ В ПИТАННЯХ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

З початку 70-х років країни Європейського Союзу (ЄС) розпочали активну реалізацію енергозберігаючої політики. Протягом 80-х, завдяки таким заходам, як: прийняття і реалізація програм підвищення ефективності використання енергоресурсів промисловістю; посилення вимог до енергоефективності в будівництві; підвищення цін на енергоносії; активна популяризація політики енергозбереження – вдалося значно скоротити споживання енергоресурсів у країнах ЄС. Механізми енергозберігаючої політики:

Встановлення та підтримка ефективної ринкової структури: встановленню реальних цін на товари та послуги, особливо на енергоносії; уникненню субсидій, дотацій та взаємного субсидування; використанню важелів податкової політики; забезпеченню прав і відповідальності власників та споживачів енергоресурсів.

Зацікавлення споживачів у енергозбереженні: аналізу поведінки споживача з огляду на питання енергозбереження; забезпеченню інформаційної підтримки заходів з енергозбереження та поширення передового досвіду з питань енергозбереження; запровадженню енергетичних перфоманс контрактів та створенню енергосервісних компаній; створенню фінансових стимулів до впровадження енергозберігаючих заходів.

Зацікавлення ринку в енергозбереженні: запровадження стандартів і будівельних норм, спрямованих на стимулювання ефективного використання енергоресурсів; запровадження практики державних закупок енергозберігаючого обладнання, особливо для державних установ та підприємств; підтримки розробок та впровадження (розповсюдження) енергозберігаючої техніки та обладнання; створення умов гарантування доступу споживачів енергоресурсів до кращих зразків техніки та технологій; проведення консультацій, семінарів і навчання з питань енергозбереження;

Розвиток і підтримка інституційних та організаційних заходів: координації реалізації державної енергозберігаючої політики як на регіональному рівні, так і між секторами економіки; створенні добровільних угод щодо підвищення ефективності використання енергоресурсів між споживачами та постачальниками; експертизі з енергозбереження, технічній та фінансовій допомозі, залученні спеціалістів з енергозбереження для консультацій та реалізації енергозберігаючих проектів.

Гарантування стабільних правил гри: прозорості політики енергозбереження; постійної демонстрації стабільної, цілеспрямованої діяльності для реалізації енергозберігаючої політики; запровадження ефективної системи моніторингу реалізації енергозберігаючої політики.

Аналіз програм енергозбереження в європейських країнах вказує на розуміння ними необхідності енергозберігаючої політики. Для України, використання досвіду промислово розвинутих країн в області правового регулювання енергоефективності є багатообіцяючою можливістю прийняти адекватні законодавчі та нормативно-правові акти для ринкових умов. Це дозволить знизити енергоємність національної економіки, підвищити конкурентоспроможність та прискорити процес інтеграції в світову економічну систему.

Перелік посилань:

1. В.А. Жовтянський, О.М. Суходоля Порівняльний аналіз енергозберігаючої політики в країнах Європи: Висновки для України // Проблеми загальної енергетики. – №5. – 2001. – С. 12–15.

УДК 621.81

Студент 3 курсу, гр. ТС-61 Куєк Ю.О.

Асист. Шелешей Т.В.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ - ШЛЯХ ДО ПОКРАЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ КРАЇНИ

Досвід розробки та реалізації Комплексної державної програми енергозбереження України (далі КДПЕУ) показує необхідність принципово нових підходів до змісту та умов реалізації нових програм у цьому напрямі. Такі "косметичні" заходи, як уточнення показників КДПЕУ, окремі заходи із залучення інвестицій в реалізацію енергозберігаючих проєктів, фрагментарні зусилля з організації процесу супроводження КДПЕУ, епізодичні виділення коштів на реалізацію міжгалузевих заходів тощо, не привели до очікуваної активізації процесів енергозбереження в країні та не забезпечили досягнення мети КДПЕУ.

Діюча КДПЕУ створювалась за галузевим принципом і, по суті, скоординована лише на вищому рівні керівництва галуззю. Вона не є комплексною, як це зазначено в її назві, бо керівництво галузей не подавало та не узгоджувало (ініціативно запропоновані розробниками енергозберігаючі заходи по всьому комплексу) існуючих та нових напрямів енергозаощадження. Якщо, наприклад, взяти електроенергетичну галузь, то, як видно з включених до КДПЕУ лише восьми заходів, про комплексність не може і йтися. За ініціативою розробників КДПЕУ, тодішньому Міністерству енергетики та електрифікації пропонувалось включити до неї ще низку заходів, спрямованих на реконструкцію енергоблоків ТЕС, у т.ч. розробку та реалізацію пілотних парогазових ТЕС, але всі запропоновані прогресивні заходи було відхилено без жодних пояснень.

На сьогодні є очевидним, що закладені в КДПЕУ загальні напрями енергозбереження, необхідні для формування ефективної енергозберігаючої політики країни, практично відокремлені від процесів підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та енергозаощадження на місцях (підприємство, місто, регіон тощо). Тобто необхідно, окрім основних напрямів енергозберігаючої політики держави, передбачити конкретні, з певною мірою узагальнення, заходи та механізми, які б стимулювали та регламентували процеси науково-технологічного прогресу та впровадження заходів заощадження енергії в регіонах і на підприємствах.

Таким чином, нова державна програма має стати функціональною, з визначенням кінцевої мети її реалізації та встановленням правил, що стануть механізмом її дії. При цьому не виключається галузевий принцип формування окремих блоків. Але вони мають стати підпрограмами до державної програми і повинні розроблятися галузями як обов'язковий захід її реалізації. Крім галузевих програм мають бути розроблені регіональні, міські, селищні програми та програми підприємств.

Результати розробки Енергетичної стратегії України на період до 2035 року показали, що підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та реалізація заходів з енергозбереження може бути основним чинником підвищення ефективності функціонування як паливно-енергетичного комплексу України, так і всієї економіки. Саме науково-технологічний прогрес у виробництвах усіх без винятку продуктів, у т.ч. і в галузях паливно-енергетичного комплексу (поряд із реалізацією енергозберігаючих заходів у визначених масштабах) сприятиме зниженню рівнів питомого енергоспоживання і дозволить формувати макропоказники енергетичної ефективності, співставні зі світовими.

УДК 621.09.51

Студент 4 курсу, гр. ТС-51 Куник А.А.
Ст.вик Меренгер П.П.

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В 2018 РОЦІ

Нині уже стало неможливо ігнорувати відновлювальну енергетику. Галузь розвивається надзвичайно швидко, і уже в серпні минулого року сумарна потужність всіх вітрових і сонячних електростанцій у світі сягнула 1 ТВт. Для досягнення такого результату потребувалося 40 років, а за статистикою на досягнення відмітки у 2 ТВт буде потрібно лише 5 років.

Проте у 2018 році спостерігалось не лише наростання потужностей, але й зменшення собівартості енергії виробленої на відновлювальних електростанціях. Наприклад, з 2009 року ціни на електроенергію вироблену на сонячних електростанціях стали нижчими на 62%, а ціна Мегават/години виробленої на прибережних вітряних електростанціях впав в ціні майже на 50%, досягнувши вартості у 2000 грн.

У зв'язку з цим все більше і більше компаній повністю задовольняють потребу своїх офісів в електроенергії відновлювальною енергією. Так наприклад 2018 році появилася ініціатива RE100 яка об'єднує понад 150 великих компаній серед яких такі гіганти як Apple, Autodesk та ІКЕА, в бажанні повністю перейти на відновлювальну енергію.

Також у зв'язку з підвищенням виробітку електроенергії постає питання в ефективному зберіганні її. Ще у 2017 році компанія Tesla закінчила будівництво системи літій-іонних акумуляторів Tesla Powerpack ємністю 129 МВт·год, що зберігає енергію вироблену на вітряній електростанції поблизу міста Аделаїда, Австралія. Вперше така система з літій-іонними батареями ємністю 2 МВт·год була введена в експлуатацію у 2015 році в Базилікате (південний регіон Італії) на вітряній електростанції Potenza Pietragalla потужністю 18 МВт на обладнанні від Samsung.

Як ми бачимо кожного року альтернативна енергетика не тільки все сильніше укріплює свої позиції, але й кожного року збільшує темп росту. Таким чином, прогнозом на 2019 рік об'єднаним балансом України передбачено виробництво електроенергії за рахунок відновлюваних потужностей (% від загального виробництва електроенергії):

ГЕС – 8900 млн.кВт·год (5,5%);
ВЕС – 1550 млн.кВт·год (0,96%);
СЕС – 1650 млн.кВт·год (1,02%);
інші – 300 млн.кВт·год (0,19%).
ВСЬОГО – 12400 млн.кВт·год (7,67%)

Перелік посилань:

1. Top renewable energy trends of 2018 / Madeliene Howe // – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=754>

2. Five renewable energy trends to watch in 2018 / Katalin Crouch // – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ingwb.com/themes/energy-transition-articles/five-renewable-energy-trends-to-watch-in-2018>

3.) Рыночные тренды: Альтернативная Энергетика Украины в 2018 году // – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vdmais.ua/gynochnye-trendy-alternativnaya-energetika-ukrainy-v-2018-godu/>

АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ КОМПОНЕНТІВ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

Як відомо, сонячні батареї є одним із найбільш перспективних відновлюваних джерел електроенергії. Вони містять десятки й сотні тисяч окремих фотоелектричних елементів, з'єднаних паралельно-послідовно з метою забезпечення необхідних номіналів струму і напруги. Однак, прояв і створення різних дефектів у ФЕ елементах і їхніх з'єднаннях у процесі експлуатації, а також їхня робота в режимі мінливої неоднорідної освітленості, призводять до так званих послідовних і паралельних невідповідностей (відмінностей) між окремими елементами та їхніми групами.

1. Формування «гарячих плям», пов'язаних із внутрішньою структурою сонячних панелей. Для надійної конструкції число N повинно бути вибрано досить невеликим, щоб запобігти перевищенню VR над напругою пробою обернено зміщеного р-п-переходу затіненого ФЕ елемента. Якщо це не зроблено, ФЕ буде нагріватися через результуючі потужності розсіювання. Високі температури в локальних областях ФЕ елементів можуть призвести до появи «гарячих плям». У випадку збільшення температури осередку може виникнути тепловий пробій р-п-переходу, коли величина зворотної напруги зменшується в міру збільшення струму і виникає її локальний тепловий дрейф в часі. При цьому формуються одномірні канали струму, що може призвести до внутрішніх температур у ФЕ, що значно перевищують $400\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2. Активні обвідні перемикачі. Обвідні діоди допомагають обмежити максимальну потужність, яка може розсіюватися, незважаючи на зворотно зміщений ФЕ елемент, але цей рівень потужності залежить від кількості таких елементів в рядку підпанелі. Серія рядків з великою кількістю ФЕ елементів буде розсіювати більше тепла, ніж рядки з меншою їхньою кількістю.

3. Фотоелектричні елементи з низьким опором зворотного пробою. Такі ФЕ елементи виявляють максимальну потужність розсіювання при повному затіненні. Відомо, що потужність розсіювання пропорційна напрузі пробою. Таким чином, зниження величини пробивної напруги також знижує максимально можливу потужність, що розсіюється в осередку ФЕ елемента.

4. Методи виявлення та активного захисту. На сьогодні можна виділити два напрямки в розробці захисту від «гарячих плям» на рівні окремого фотоелектричного модуля (сонячної панелі), які базуються на застосуванні методів відстеження точки максимальної потужності MPPT (Maximum Power Point Tracking)

5. Перспективи підвищення ефективності схемотехнічних методів захисту від електротеплових перевантажень. Проведені останнім часом експериментальні дослідження дозволили встановити, що такі елементи захисту не впливають на роботу сонячних батарей в їхньому робочому діапазоні температур і функціонально придатні для електричної ізоляції локальних областей і компонентів сонячних батарей з підвищеною температурою.

Отже, наявні на сьогодні результати моделювання та експериментальні дані свідчать, що обвідні діоди в підпанельних рядках фотоелектричних елементів не повністю захищають від появи «гарячих плям». Обвідні діоди більш ефективні для запобігання «гарячих плям» при дуже коротких довжинах рядків ФЕ елементів, але це звичайно не застосовується в сучасній конструкції панелей.

Перелік посилань:

1. А.С. Тонкошкур. Проблемы надежности фотоэлектрических компонентов солнечных батарей / А.С.Тонкошкур, Л.В.Накашидзе / Відновлювана енергетика, 2018.—№3.—С.21–30.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Теплові електричні станції (ТЕС) на органічному паливі багато десятиліть залишаються основним промисловим джерелом електроенергії. Розвідані запаси викопної органіки достатні для сталої роботи теплової енергетики протягом багатьох десятиліть.

Найбільш важливими проблемами перспективного розвитку теплової енергетики залишається, подальше технологічне вдосконалення ТЕС з метою підвищення економічності, надійності та екологічної чистоти виробництва електричної та теплової енергії. Підвищення ефективності ТЕС являє собою природний процес, що диктується необхідністю компенсації постійно зростаючих витрат паливного циклу. Розвідка, освоєння та експлуатація нових родовищ нафти, газу і вугілля, як і доробка існуючих, обходяться все більш високою ціною. Крім цього, необхідність підвищення ефективності диктується й екологічними міркуваннями.

Безпосередню екологічну небезпеку створюють атмосферні викиди шкідливих речовин з продуктами згорання органічних палив – газоподібні оксиди сірки та азоту, тверді частинки (зола), леткі органічні сполуки (бензопірен), леткі сполуки важких металів (ртуті, ванадію, нікелю). Певну частку екологічної небезпеки становлять ТЕС, як масштабні забруднювачі водних басейнів (припадає близько 70% промислового забору води з природних джерел). Також вагомий вплив теплової енергетики на зміни місцевих ландшафтів у процесах поховання золи та шлаків, видобутку, транспортування і зберігання палива. Поряд з локальними впливами ТЕС мають внесок і в глобальні екологічні процеси, що ведуть, зокрема, до зміни клімату планети.

Результати досліджень спрямованих на прогнозування розвитку показують, що зростання виробництва електричної енергії в країнах, що розвиваються, буде відбуватися в основному за рахунок використання власних запасів вугілля – первинного енергоносія. Для країн, що не мають достатніх його запасів, прогнозується зростання теплової енергетики на базі місцевих видів органічного палива, рослинної біомаси, промислових і побутових відходів, або на імпортованому природному газі.

Прогнозовані зовнішні умови майбутнього розвитку теплоенергетики світу визначають наступні довгострокові пріоритети її технологічного росту:

- суттєве підвищення ефективності та екологічної безпеки теплової енергетики на твердо-му паливі із забезпеченням в перспективі близьких до нуля викидів шкідливих речовин;
- суттєве підвищення ефективності електроенергетики на природному газі;
- розвиток комбінованого виробництва електричної енергії та інших видів енергії;
- розвиток економічно ефективних технологій отримання енергії з некондиційної та відновлювальної органіки;
- розвиток технологій уловлювання та зберігання парникових газів.

Для забезпечення прогнозних рівнів вироблення електричної енергії сумарна встановлена потужність ТЕС повинна бути збільшена до 2030 р. до 4352 ГВт. У відповідності до прогнозувань Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) це потребує введення потужності 1761 ГВт на нових ТЕС та реконструкції понад 2 ТВт існуючої потужності.

Отримують розвиток науково-дослідні роботи, спрямовані на розробку перспективних технологій максимального уловлювання шкідливих речовин, у тому числі парникових газів, з продуктів згорання палива, забезпечення екологічної безпеки ТЕС.

Перелік посилань:

1. Енергетика. [Електронний ресурс].– Режим доступу: <http://energetika.in.ua/ua/books>.
2. Теплова енергетика. [Електронний ресурс].– Режим доступу: <http://ekon.in.ua/teplova-energetika-ukrayini.html>.

ПІДВИЩЕННЯ ВИРОБІТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТЕПЛОФІКАЦІЙНИМИ ЕНЕРГОБЛОКАМИ НА ТЕПЛОВОМУ НАВАНТАЖЕНІ

Зараз в Україні актуальним є завдання продовження терміну служби і підвищення ефективності роботи теплофікаційного обладнання ТЕЦ (теплоелектроцентральної). На даний момент альтернативи централізованому теплопостачанню на базі ТЕЦ в великих містах немає. Тому розглядаються заходи щодо реконструкції та модернізації обладнання ТЕЦ з метою більш ефективного використання енергії палива [1, 2].

На сучасних ТЕЦ за кордоном коефіцієнт використання палива досягає 82–85% за рахунок впровадження нових конструкцій турбоагрегатів і теплофікаційного обладнання. На наших опалювальних ТЕЦ встановлені турбіни типу Т в конденсатор яких навіть при максимальному тепловому навантаженні доводиться направляти частину пари, щоб забезпечити надійну роботу останніх ступенів турбіни. Термодинамічно максимальний виробіток електроенергії на тепловому споживанні має місце у турбін типу ТР (теплофікаційний протитиск), які зараз виготовляються. Але їх застосування ефективно тільки в тих регіонах, де опалювальний сезон становить близько 2/3 тривалості року. Тому більш цікавлять заходи, які дозволяють збільшити вироблення електроенергії на теплофікаційних відборах турбіни Т, зі зниженням вироблення електроенергії в конденсаційному режимі [1].

Як показують дослідження, використання конденсатора в якості ступеня для підігріву мережної води залежить від конструкції теплофікаційної турбіни, схеми теплофікаційної установки, температурного графіка теплової мережі і т.д. Причому слід врахувати, що турбіна Т переводиться в режим роботи з «погіршеним вакуумом», а точніше в режим «протитиск», якщо конденсатор виконує роль першого ступеня підігріву мережної води. При застосуванні такого заходу необхідно враховувати, що конденсатор необхідно зміцнити, в турбіні видалити останню ступінь в ЦНТ, а якщо є регулююча діафрагма, то її необхідно видалити. На турбінах потужністю 50–60 МВт перехід конденсатора в режим роботи мережевого підігрівача дозволяє збільшити вироблення електроенергії на тепловому споживанні на 10–12%, у турбін 100–120 МВт – на 3–4%.

У Білорусії на Мінській ТЕЦ-3 такий перехід на турбіні Т-100-130 дозволив збільшити вироблену потужність на тепловому споживанні в середньому на 3 МВт. Позитивний результат був отриманий і на Новополицькій ТЕЦ на турбіні ПТ-50-130/7 [1, 2].

Висновки: Перехід конденсатора в режим мережевого підігрівача дозволяє збільшити вироблення електроенергії на тепловому споживанні у теплофікаційній турбіні; ефективно використовувати енергію палива, так як турбіна в опалювальний період працює в режимі теплофікаційного «протитиску».

Перелік посилань:

1. Яковлев Б.В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения. М.: Новости теплоснабжения, 2008. – 448с.
2. Шарапов В.И. Повышение эффективности систем регенерации турбин ТЭЦ / Шарапов В.И., Замалеев М.М.; Ульян. гос. техн. ун-т. – Ульяновск: УлГТУ, 2009. – 289 с.

КЕРАМІЧНА ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЯ - ПЕРСПЕКТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

Рідка теплоізоляція-це композиційний матеріал, що чимось нагадує традиційну водну акрилову фарбу, тільки на цьому схожість завершується. Латексна дисперсія на 60-80% складається з дуже маленьких вакуумних (або з розрідженим інертним газом) керамічних сфер, які створюють на поверхні ефект теплового щита. Хороша рідка керамічна теплоізоляція (така, як: Магнітерм, Астратек, Корунд) має товщину 1 мм дозволяє зменшити тепловтрати на 30%. Щоб досягти такого ефекту пінополіуретановий утеплювач повинен мати товщину 20 мм, мінеральна вата — 25 мм, спінений поліетилен — 50 мм. Рідка керамічна ізоляція характеризується відмінною адгезією майже до всіх матеріалів.

Температурний діапазон для термофарби варіюється в межах від -65°C до +260°C.

Рідка теплозберігаюча фарба – інноваційний склад, який відрізняється від усіх існуючих покриттів. У числі найбільш значущих переваг її використання необхідно виділити такі аспекти:

1. Універсальність речовини. Його можна наносити на будь-який вид поверхні, в т.ч. необробленої, якщо це значиться на інструкції для застосування. Фахівці використовують теплофарбу для обробки цегляних, бетонних, металевих, пластикових поверхонь, а також теплоізоляції обладнання і повітроводів.
2. Зносостійкість. Нанесений шар рідкої ізоляції не деградує з часом. Гарантований термін експлуатації до 15 років, а при грамотному догляді (своєчасної очистки, якісної фінішної обробки) даний показник можна збільшити в два рази.
3. Керамічна теплоізоляція має гарну адгезію з будь-яким типом матеріалу, що забезпечує хороший захист від надходження вологи і повітря.
4. Речовина стійка до лужного середовища.
5. Рідка теплоізоляція забезпечує антикорозійний захист і мінімізує тепловтрати.
6. Сухе покриття теплофарбою надійно захищає оброблену поверхню від деформацій внаслідок температурних перепадів, атмосферних впливів і освіти вологи.
7. Керамічна теплоізоляція практична і легко наноситься на поверхні складних геометричних форм.
8. Матеріал надлегкий, завдяки чому не створюється додаткове навантаження на конструкції.
9. Речовина досить зручна в ремонті, тому що при незначних пошкодженнях старий шар можна легко зняти, замінивши його новим.
10. Теплофарба віддзеркалює до 80% енергії ультрафіолетових променів.

Висновок: керамічна теплоізоляція може застосовуватися в теплових мережах як ізоляція "оголених" ділянок трубопроводів. Тим самим швидко усувати теплові втрати відкритих ділянок.

Перелік посилань:

1. <http://recn.ru/zhidkaya-teploizolyaciya-korund-harakteristika-dostoinstva-i-nedostatki/>;
2. <http://stroimdom24.com/zhidkaya-teploizolyatsiya/>.

Магістрант 5 курсу, гр. ТС-81мп Литвинюк І.Д.
Доц., к.т.н., Грановська О.О.

УДОСКОНАЛЕННЯ РЕЖИМІВ ОСТАНОВКИ ТЕПЛОФІКАЦІЙНИХ ПАРОВИХ ТУРБІН

Зупинення турбіни особливо великої потужності є важливою операцією, тому що при такій операції відбуваються зміни температурного і механічного стану окремих вузлів і блоку в цілому, які необхідно контролювати.

Оптимізація режиму зупинки блоку використовується у напрямку максимального зменшення температурних напружень, які виникають в деталях і які мають протилежний знак у порівнянні з пусковими режимами. Дотримання вимог нормативної документації при пуско-зупиночних режимах є обов'язковою вимогою з точки зору забезпечення надійності і довготривалої роботи обладнання.

В зв'язку з важливістю операції з зупинкою блоку особливо з розхолодженням, на теплових електростанціях розробляються заходи щодо пришвидшення операцій зупинки блоку і зменшення термічних навантажень в обладнанні. Завдяки правильному використанню експлуатації під часу зупинки з розхолодженням зменшення температури найбільш нагрітих елементів зменшується з 145–170 годин до 36–38 годин.

Режими зупинки і охолодження істотно впливають на тривалість простою парових турбін при проведенні ремонтних робіт: час помітно збільшується внаслідок того, що починати ремонтні роботи пов'язані з розкриттям підшипників, проточної частини турбіни, генератора, систем регулювання, можна тільки після відключення валоповоротного пристрою та системи змащення турбіни і генератора, а для цього за існуючими нормами температура металу найбільш гарячих частин турбіни не повинна перевищувати 150–170°C. Природне охолодження турбіни до цієї температури після її відключення протікає порівняно повільно і займає до 5–7 діб. Цей час може бути скорочено за рахунок застосування різних методів примусового розхолодження, однак ці методи не завжди застосовні при позапланових зупинках. Слід також зазначити, що цілий ряд неполадок, що визначають необхідність проведення непланових ремонтів (усунення течі масла в системі маслопостачання і в підшипниках, усунення несправностей датчиків, розташованих в опорах і підшипниках, заміна балансувальних вантажів) можуть бути усунені, досить швидко, а проведення розхолодження турбіни до 150–170 °C займає значно більше часу (до 24–32 год). У зв'язку з викладеним особливої актуальності набуває завдання визначення можливості початку ремонтних робіт, пов'язаних з відключенням валоповоротного пристрою, при більш високих температурах металу циліндрів. Ця проблема в даний час набула особливої значущості, тому що кількість позапланових зупинок турбін в ремонт помітно зростає в зв'язку з тим, що значна частина турбін виробила свій ресурс або виробить його найближчим часом.

Мета роботи – виявлення можливостей щодо скорочення тривалості простоїв теплофікаційних турбін при проведенні ремонтних і робіт за рахунок більш раннього відключення ВПП і СС – при температурах циліндрів значно перевищують 150–170 °C, і впровадження відповідних режимів, що забезпечують реалізацію цієї можливості, в експлуатаційну практику.

Перелік посилань:

1. РД 153-34.1-25.507-97. Типова інструкція по пуску з різноманітних теплових станів і останову моноблока потужністю 250 МВт з турбіною Т-250/300-240 і газомазутними котлами ВТІ ПО «Союзтехенерго» Москва., 1997. (на рос. мові).
2. Капелович Б. Е. Эксплуатация паротурбинных установок / Б.Е. Капелович.– М.: Энергоатомиздат, 1985.– 304с. (на рос. мові).

УДК 620.92

Магістрант 5 курсу, гр. ОТ-81мп Лівіщенко А.А.

Доц., к.т.н. Шкляр В.І.

Доц., к.т.н. Дубровська В.В.

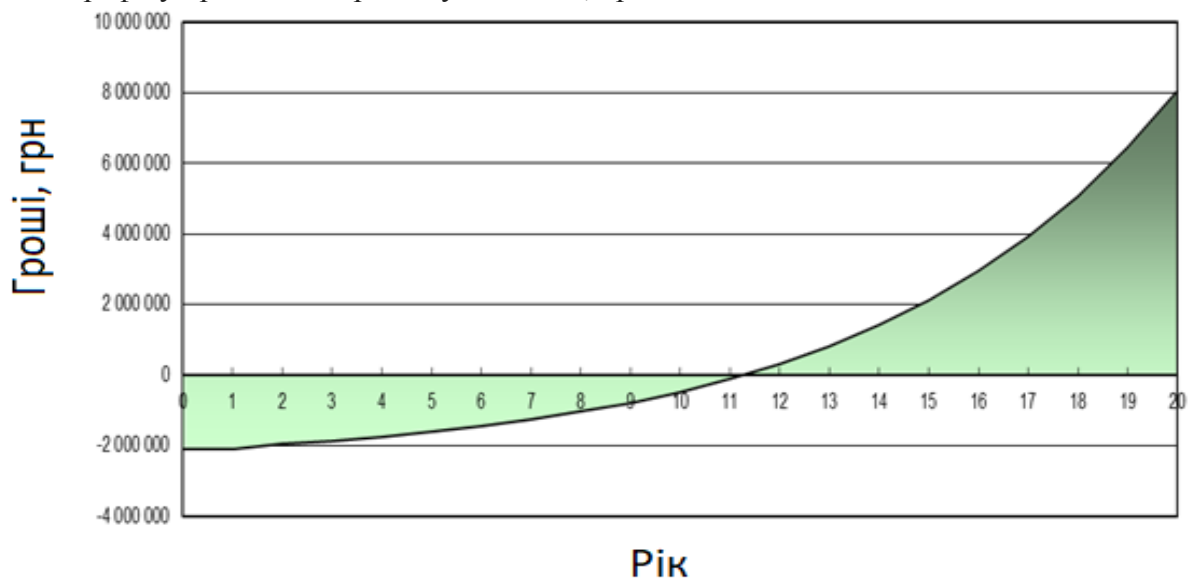
ЗАМІНА ВУГІЛЬНОГО КОТЛА НА ПЕЛЕТНИЙ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ШКОЛИ

Котельня в школі №121 обладнана у підвалі, що категорично заборонено за [1]. В котельні встановлено два твердопаливних котлоагрегати НІСТУ – 5, призначені для систем водяного опалення і гарячого водопостачання житлових, адміністративних і промислових об'єктів, які використовують вугілля марки АКО. За проведеними дослідженнями котли НІСТУ – 5, мають високий рівень викидів а саме: оксиди азоту – 96,82 кг/рік; оксиди вуглецю – 91,88 кг/рік; діоксиди вуглецю – 90224 кг/рік.

Котли фактично є застарілими і навіть з використанням газоподібного палива вони не є ефективними в роботі. Тому пропонується встановити в окремому існуючому підсобному приміщенні два пелетні котли Metal-Fach Sokol SEG BIO -100 Silver Left, з автоматичною системою подачі палива та ККД 92%. При роботі котла зменшиться кількість викидів та покращиться екологічний стан навколишнього середовища. Котли адаптовані для установки вентилятора і електронного контролера, що значно підвищує зручність використання. Автоматика може мати функцію PID, що дозволяє підтримувати температуру котла на постійному рівні, таким чином економлячи до 10% палива.

У програмному середовищі RETScreen поррахували кількість тепла, яке необхідне для опалення будівлі, при інфільтрації та робочій вентиляції будівлі після його утеплення.

Таким чином розрахунок у програмному середовищі RETScreen показав, що при використанні сучасної системи пелетних котлів для опалення необхідно 309,7 МВт·год теплоти, що значно менше ніж при використанні застарілих НІСТУ-5 – 387,2 МВт·год. За утеплених стін тепловтрати зменшилися на 20%. Потужність нових котлоагрегатів складає – 150 кВт, котли які запропоновані для опалення школи коштують 840 000 грн. Як видно графіку проект має срок окупності 11,3 роки.



При використанні нової системи опалення маємо значну річну економію, яка складає 256 810 грн.

Перелік посилань:

1. ДБН В.2.5-77:2014. Котельні. Правила експлуатації котельень // Офіційне. – 2014. – С.49.

Студент гр.ТС-51 Ліщук С.Р.
Аспірант Мороз О.С.
Доц.,к.т.н. Бутовський Л.С.

АНАЛІЗ РОБОТИ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПЕРЕГРІТОЇ ПАРИ В КОТЛАХ

Одною з суттєвих складових рішення проблеми діяльності обладнання ТЕС є ефективне регулювання температури пари в паровому тракті і за котлом.[1]

Регулювання температури пари може виконуватись за рахунок зміни теплосприймання окремих поверхонь котла (газове регулювання) або зниження ентальпії пари на ділянці пароперегрівача, часом з частковим перенесення в неї зони випаровування (парове регулювання)

Одним з найбільш розповсюджених засобів впливу на температуру перегрітої пари, який також відрізняється малою інерцією, є уприскування води в пару, яке реалізується за допомогою уприскуючих пароохолоджувачів (УПО).

За допомогою УПО регулюється температура пари як на основних, так і на пускових режимах, тому УПО також розраховується на номінальне і часткове навантаження, перехід з одного виду палива на інший, зміну температуру живильної води тощо.

З одного боку, подача води в проміжний перегрівач викликає термодинамічну втрату в енергоблоці, а, з іншого боку, забезпечення необхідної температури пари в циліндрі середнього тиску позитивно впливає на надійність, а також економічність установки за рахунок підтримання постійної температури пари.

В сучасних потужних енергоблоках кількість пароохолоджувачів доходить до 20 одиниць, а в котлах невеликої потужності до 4-6 одиниць. Незважаючи на те, що завданням пароохолоджувачів є підтримання постійної температури пари, сам пароохолоджувач працює в нестабільному режимі навіть при постійному навантаженні котла, тому одним з важливих питань при експлуатації пароохолоджувача є забезпечення надійності роботи самого обладнання УПО.

Крім того, важливою вимогою, що висувається до УПО є забезпечення мінімуму втрат на ділянці УПО від входу до виходу. При розрахунках УПО намагаються виключити звуження каналу, а також зменшити лобовий опір форсунки.

Для зменшення опору форсунки подачі води часто розміщують на периферії трубчастого простору, з регульованим тиском води, послідовним введенням води в пару, використовуючи труби Вентурі. [2]

Для подачі води також використовуються більш складні пристрої, які можна назвати «регулятори форсунки». В них регулятор уприскування з'єднаний з форсуночним пристроєм. Це дозволяє використовувати сумарний теплоперепад тиску для забезпечення однакової якості розпилювання в широкому діапазоні навантажень по парі незалежно від витрати води, що вприскується.

Перелік посилань:

1. Стырикович М.А., Катковская К.Я., Серов Е.П. Парогенераторы электростанций. – М. – Л. :Энергия, 1966 – 384 с.
2. Черноштан В.И., Благов Э.Е., Савин С.В. Основы рациональной организации впрыска охлаждающей воды в поток перегретого пара. – Режим доступа: www.valve-industry.ru/pdf_site/95/95_38_47_Chernoshtan_Blagov_Savin.pdf

ЗНИЖЕННЯ ВМІСТУ NO_x В ДИМОВИХ ГАЗАХ ЗА ДОПОМОГОЮ СЕЛЕКТИВНОГО НЕКАТАЛІТИЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ

Забруднення повітря теплогенеруючими установками представляє собою актуальну проблему. Найбільше забруднення атмосфери почалося з початком роботи промислових підприємств, таких як ТЕЦ, ТЕС, АЕС та інших. Зараз у великих містах частка шкідливих речовин від ТЕЦ становить близько 43% від загальної кількості забруднення повітря. Серйозну небезпеку для екологічної ситуації представляють викиди шкідливих речовин, таких як оксиди азоту (NO_x), вуглецю, сірки, та інших.

Джерелом викидів оксидів азоту є горіння – термогазодинамічний процес в технологічних печах і котлах для спалювання твердих, рідких і газоподібних палив. Варто приділяти особливу увагу на механізми утворення NO_x при спалюванні палив.

Первинні методи зниження NO_x в котлах, які спалюють вугілля, передбачають використання різних технологій, такі як малотоксичні пальники, ступеневе введення повітря, рециркуляція газів та інші. Вторинні ж методи представлені селективними відновлювачами до молекулярного азоту – каталітичними і некаталітичними.

Селективні некаталітичні відновлювачі (СНКВ) є більш простим методом та з високою ефективністю – викиди NO_x знижуються на 40–60%. В основі цього методу лежить введення аміаку або іншого азотовмісного реагенту, який реагує з NO_x в присутності кисню і розкладає його, утворюючи двоатомний азот (N₂) і воду.

Відновлення протікає при високій температурі (850–1100 °С), яка залежить від виду реагенту, що використовується (рис. 1). За допомогою даного очищення газоподібних продуктів згоряння від окислів азоту відбувається некаталітичне селективне відновлення NO_x, включаючи отримання аміаку з аміачної води шляхом її випаровування гріючою парою і введенням суміші аміаку, що утворюється в потік газоподібних продуктів згоряння, що очищуються.

Основна реакція відновлення оксидів азоту:

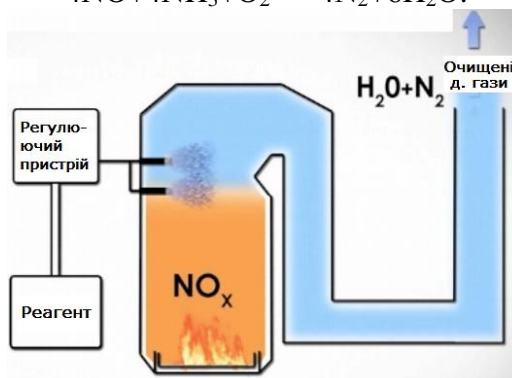
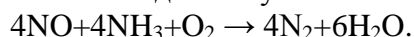


Рисунок 1 – Схема введення реагенту в топку котла

Зазвичай метод СНКВ використовується додатково з вже реалізованим первинним методом. Вартість впровадження установки залежить від розмірів котла і його особливостей та коливається в межах від 3–4 до 10 тис. доларів на 1 т викидів NO_x. Це значно менше ніж при використанні технології селективного каталітичного відновлення.

Перелік посилань:

1. Современные природоохранные технологии в электроэнергетике: Информационный сборник / В.В. Абрамов и др.; под общей ред. В.Я. Путилова. - М.: МЭИ, 2007.– 388 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВІДЦЕНТРОВО-ДИНАМІЧНОГО СЕПАРАТОРА ПИЛУ

Оскільки більшість електричних станцій України працюють на твердому паливі, тому актуальним напрямком дослідницьких робіт є підвищення ефективності старого та створення нового обладнання для пилосистем.

Для якісного спалювання вугільного палива його потрібно подрібнити до пилу певної дисперсності. Для забезпечення цього служать млини різного типу та конструкції. Проте вихід пилу з них різної крупності, тому використовують установки для сепарації. Сепаратор пилу – апарат для відділення малих фракцій пилу від крупних. Найбільш поширені відцентрові та інерційні сепаратори [1].

Метою роботи є отримання характеристик поділу динамічного сепаратора, оцінка діапазону регулювання і вибір конструктивних параметрів елементів зони поділу, що забезпечують отримання пилу з заданим дисперсним складом.

Для вирішення поставленого завдання було виконане математичне планування експерименту. В якості цільової функції процесу сепарації вугільного пилу прийнято дисперсність пилу, яка для кам'яного вугілля оптимальна в межах 22% залишку на ситі з отворами 90 мкм. На величину цільової функції впливають:

- частота обертання корзини сепаратора;
- тиск пилоповітряної суміші, що поступає в сепаратор;
- кут під яким розташовані лопатки в обертовій корзині.

При визначенні впливу кожного з зазначених факторів на процес сепарації пилоповітряної суміші, та оптимального їх співвідношення використаний метод планування багатфакторного експерименту. Проведено випробування на модернізованій експериментальній установці та отримані результати залежностей залишку пилу на ситі R_{90} в залежності від різних факторів.

Згідно з отриманих даних дослідження в програмі MathCAD було побудовано поверхні відгуку (рис. 1) та визначено значення оптимальних параметрів досліджуваних величин за допомогою методу квазі-Ньютона.

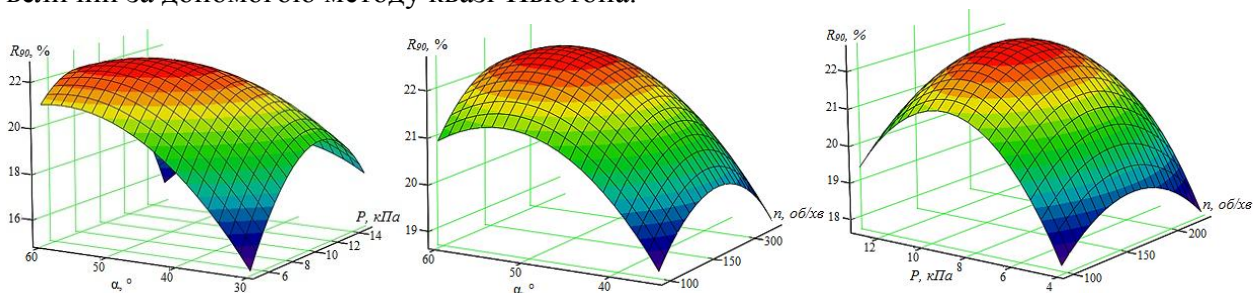


Рисунок 1 – Поверхні відгуку залишку пилу на ситі з отворами 90 мкм в залежності від різних факторів.

У наведеній роботі отримані нові експериментальні дані про характеристики розділення динамічного сепаратора, про вплив кута нахилу лопаток в робочій зоні сепаратора. Проведено дослідження характеристик розділення сепаратора при встановленні передвключеного апарату.

Перелік посилань:

1. Котельные установки электростанций / М. И. Резников, Ю. М. Липов. - 3-е изд., перераб. - М. : Энергоатомиздат, 1987. - 287 с.

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В УКРАЇНІ

Україна належить до країн частково забезпечених традиційними видами первинної енергії, що обумовлює необхідність значних обсягів їх імпорту. І хоча енергозалежність України є середньоєвропейською (частка імпорту в загальному постачанні первинної енергії в Україну останніми роками складала близько 38 %), цій залежності сприяє не тільки відсутність достатнього обсягу власних енергоресурсів, але й їх неефективне використання. Так, скоригований на структуру економіки показник енергоефективності української економіки, розрахований на основі рекомендованих Міжнародним енергетичним агентством показників, склав 57,8 % від рівня ЄС у 2018 р.

З нинішнім марнотратним використанням енергії економічні вигоди від підвищення енергоефективності є дуже великими. Якщо Україна підвищить свою енергоефективність до рівня ЄС, це може заощадити близько 27 млн тон н.е. енергії – еквівалент 34 млрд кубометрів природного газу. Загальна економія може скласти 11,8 млрд євро в цінах 2010 року, що еквівалентно 12% валового внутрішнього продукту.

Існує кілька інструментів, доступних для реалізації заходів, спрямованих на підвищення енергоефективності (ІЕЕД, 2005). Дійсно, оскільки політики можуть вибирати з значного діапазону заходів, має сенс дати загальний огляд трьох основних категорій (Jaenicke та ін., 2003), в які можуть потрапити такі заходи: регуляторні інструменти (вимоги, стандарти, правила, включаючи стратегії та планування); інформація та підвищення обізнаності; економічні і монетарні інструменти.

Регуляторні інструменти мають найбільш сильний вплив на свободу і можливості домогосподарств і компаній. Типовими заходами цієї групи є вимоги, заборони і правила, що встановлюють максимально прийнятну кількість викидів, ліміти на енергоносії для виробничих процесів або мінімальні коефіцієнтах споживання тепла для будівель.

Інформація та підвищення обізнаності: інструменти цього типу мають на меті збільшити обізнаність суспільства по відношенню до проблем навколишнього середовища, енергозбереження та ефективного використання ресурсів. Такі заходи можуть бути підкріплені іншими інструментами - наприклад, енергоаудит може бути проведений у поєднанні із співфінансуванням для підвищення ефективності.

Економічні і монетарні інструменти, – такі як, податки, субсидії, пільги, і т.д. – чинять вплив на кількість товарів/послуг, що продаються і споживаються, в т.ч. на енергоресурси. Вплив цієї групи заходів відносно високий через пряме втручання в ціновий режим. Податки, мита, збори та ліцензії на використання ресурсів можуть генерувати доходи для уряду.

Загальноновизнаним методом для оцінки політики інтервенцій є аналіз витрат-вигод. Як впливає з назви, витрати і вигоди від потенційних політик оцінюються і порівнюються. Як і при будь-яких інших інвестиціях, тільки якщо вигоди від політики перевищують його витрати, то політика повинна бути реалізована.

Недосконале регулювання ринку та підвищення енергоефективності шляхом усунення провалів ринку вимагає послідовної стратегії в сфері енергетичної політики, що включатиме визначення спільної мети і конкретніших цілей, які узгоджуються із загальною метою. Відкриті, прозорі і чіткі цілі допоможуть збільшити прогнозованість економічної політики, що створює визначеність для планування довгострокових інвестицій в енергоефективні технології.

УДК 620.95

Студент 3 курсу, гр. ТС-пб1 Мельник А.І.

Ст.викл. Меренгер П.П.

ЕНЕРГІЯ ЗІ СМІТТЯ

Щороку людство продукує понад 2 млрд.т сміття. В країнах активного споживання ця цифра сягає 2 т на рік на людину. Швеція є одним зі світових лідерів, що використовують технологію «енергія-зі-сміття» (waste-to-energy). Близько 2,5 млн.т сміття щороку спалюється для вироблення електрики або тепла. У країні – десятки сміттєпереробних заводів та «смітєвих» електростанцій. Вони забезпечують енергією близько мільйона сімей – чимало як для 10-мільйонної країни, наприклад, таке місто як Мальме 60% своєї енергії бере з відходів.

Сміттєспалювальний завод «Енергія» повноцінна міська теплоцентраль, а Київ – єдине місто в Україні, де з побутового сміття виробляється енергія для тепломережі. На сьогодні завод переробляє близько 25% обсягу твердих побутових відходів столиці. У 2020 році на заводі закінчать установку сучасної системи очищення димових газів, після цього його екологічність стане відповідати європейським нормам.

Цей приклад вже не один в країні, зокрема, у м. Вінниця в рамках проекту державно-приватного партнерства збудовано 12 газозбірних свердловин на сміттєзвалищах, встановлено когенераційну установку потужністю 710 кВт·год, виробляється електроенергія.

Щорічний обсяг вивезення сміття на полігони України сягає 10 млн.т, з яких можна виробляти 3,5 млн.Гкал тепла і 1,2 млрд. кВт·год електроенергії на рік. Виграш від сміттєпереробних заводів ще в тому, що жителі почнуть самі ділити сміття й здавати його на переробку, маючи додатковий дохід. На сьогодні в Україні реалізують ряд проектів.

В м. Шепетівка Хмельницької області – проблему переробки побутових відходів допомагає вирішити австрійська фірма «Зерд», яка є одним з світових лідерів, недавно отримала дозвіл на побудову суперсучасного сміттєпереробного заводу, потужністю близько 8 тис.т побутових відходів в рік. Цих об'ємів вистачить, щоб переробляти побутові відходи не тільки даного, а й сусіднього району. Будуватися завод буде на півночі Шепетівки, за 5 км. Новітня технологія розкладання ліквідує всі отруйні речовини, що можуть викинутись в атмосферу. З підприємство буде являти собою одну інтегровану будову. По-перше, природні або так звані «зелені» викиди будуть перетворені в компост (добрива). По-друге, при трохи не 800 °С при спалюванні решти сміття виникає шлак, який є ідеальною сировиною для виготовлення дорожнього покриття і будівництва нових доріг. По-третє, побутові відходи з рештками вологого паперу та продуктів харчування створюють ідеальні умови для розвитку метан-продукуючих анаеробних бактерій, які без доступу кисню і світла розкладають органіку з утворенням метану й тепла.

Представниками французької компанії SUEZ домовилися опрацювати фінансову модель встановлення в Україні потужностей з генерації енергії з твердих побутових відходів та підготувати ряд потенційних проектів. Компанія SUEZ переробляє 40 млн.т відходів на рік по всьому світу на 5 континентах.

Наразі сміттєвий газ не вважається заміною інших видів горючих речовин, але при цьому частка його використання в світі досить велика – близько 1,2 млрд. м³ на рік. На сьогоднішній день, електроенергія, яку згенеровано від установки біогазових станцій, можна реалізовувати в мережу за вигідним «зеленим» тарифом, прив'язаним до курсу євро. Зараз тариф становить 12,4 євроцента/кВт·год.

Перелік посилань

1. <https://1ua.com.ua/shepetivka/ua/garbage>
2. <https://hromadske.ua/posts/pererobka-smittyu-u-sviti>
3. Бюро Екологічних Розслідувань: http://waste.bei.org.ua/2016/06/blog-post_5.html

КОМБІНОВАНЕ ВИРОБНИЦТВО ЕНЕРГІЇ - ШЛЯХ ДО ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Когенерація є високоефективним використанням первинного джерела енергії – газу, для здобуття двох форм корисної енергії – теплової і електричної. Головна перевага когенерації перед звичайними теплоелектростанціями полягає в тому, що перетворення енергії тут відбувається з більшою ефективністю. Іншими словами, система когенерації дозволяє використовувати те тепло, яке звичайне просто втрачається. У 2004 році Європарламент прийняв Директиву 2004/8/ЄС. Мета директиви – заохотити створення когенераційних станцій у країнах Європейського Союзу та стимулювати вже існуючі. "Енергетична стратегія України до 2035 року" визначає одним із пріоритетних напрямків розвитку переведення котелень, які виробляють виключно тепло, на процес когенерації.

Впродовж останнього десятиліття в Україні підготовлена база для широкого впровадження когенераційної техніки в різних галузях економіки: розроблені конкретні проекти когенераційних установок різного типу, досліджені потенціальні можливості розвитку когенерації в Україні, підготовлений проект Програми розвитку когенераційних технологій у комунальному господарстві країни, прийняті відповідні Закони України.

Сенс когенерації в тому, що при прямому виробництві електричної енергії, створюється можливість утилізувати утворене тепло. Когенераційні установки, що виробляють теплоту й електроенергію, називають також міні-ТЕЦ (МТЕЦ), які широко використовуються і для цього є наступні причини: тепло використовується безпосередньо в місці отримання, а це обходиться набагато дешевше, ніж будівництво та експлуатація багатокілометрових теплотрас; електрика використовується здебільшого в місці отримання, в результаті, без накладних витрат постачальників енергії, його вартість для споживача може бути до 5 разів дешевше, ніж у енергії з мережі; споживач набуває енергетичну незалежність від збоїв в електропостачанні і аварій в системах теплопостачання.

Когенераційні установки комбінованого циклу забезпечують максимально ефективне використання енергії палива за рахунок одночасного виробництва електричної і теплової енергії з мінімальними втратами. Подібні установки забезпечують ефективність використання енергії палива (ККД) до 80–90 %, тоді як для традиційних конденсаційних ТЕС аналогічна величина знаходиться в діапазоні 35–45 %, а для електростанцій комбінованого циклу (без когенерації) вона не перевищує 58 %.

Когенераційні установки мають чудові характеристики: дешева електро- і теплоенергія, близькість до споживача, відсутності необхідності в дорогих ЛЕП і підстанціях, екологічною безпекою, мобільністю, легкістю монтажу і багатьма іншими чинниками. Спорудження подібних установок (електричною потужністю від 0,5 до 8 МВт) не вимагає величезних капіталовкладень. В порівнянні з витратами на будівництво нових електростанцій, які обходяться в \$1000–1500 на один кВт потужності, питома вартість 1 кВт потужності пропонованих когенераційних установок складає \$500–800. Витрати на проектування, закупівлю, введення в експлуатацію і амортизацію подібних установок окупаються вже на 3–4 році експлуатації при розрахунковому терміні служби устаткування 25–30 років (180–192 тисячі годин роботи).

Перелік посилань:

1. Гітельман Л.Д., Ратніков Б. Є. Енергетичний бізнес. – М.: Справа, 2006. — 600 с.
2. Основи енергозбереження: Учеб. посібник / М.В. Самойлов, В.В. Паневчик, О.М. Ковальов. 2-е вид., Стереотип. – Мн.: БГЕУ, 2002. – 198 с.

ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАМІНИ НАДБАНДАЖНИХ УЩІЛЬНЕНЬ ЛАБІРИНТОВГО ТИПУ НА СОТОВІ НА ПРИКЛАДІ ТУРБИНИ К-1000-60/1500-2

При експлуатації парових турбін проходження резонансних частот валопроводу, а також виникнення нерозрахованих режимів роботи турбоагрегатів здійснює інтенсивне зношування надбандажних ущільнень проточних частин, що призводить до зниженню ККД, пов'язаного з зростанням витрат (збільшення протікання пари через радіальні проміжки). Зменшення відносного внутрішнього ККД циліндра при зношенні ущільнень може становити до 3÷4 % в порівнянні зі значеннями початкового періоду експлуатації після капітального ремонту. Основною перевагою ущільнень сотового типу перед ущільненнями с лабиринтовим типом є надійність. При експлуатації помітний менший знос, а термін окупності в залежності від оснащення турбіни становить від 1 до 2,5 років.[1] На рисунку 1 зображена конструкція сотового кінцевого ущільнення ЦНД, призначеного для заміни існуючого лабиринтового ущільнення.

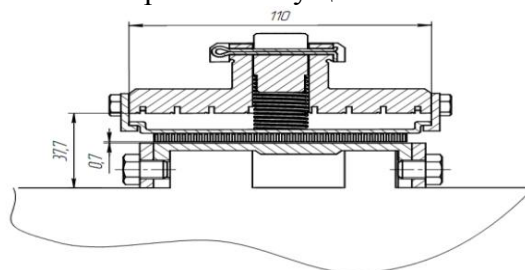


Рисунок 1 – Конструкція сотового ущільнення для ЦНД Турбіни К-1000-60/1500-2

В результаті розрахунку лабиринтового ущільнення між камерою підведення ущільнюючого пара і камерою відсмоктування пароповітряної суміші визначений коефіцієнт гідравлічного опору ущільнення дорівнює $\zeta = 38350$, що при зазорі 0,7 мм і перепаді тиску 10 кПа (106000 – 96000 Па) призводить до витраті замикаючого пара через одне ущільнення $G = 263,8$ кг/час;

В результаті розрахунку сотового ущільнення між камерою підведення ущільнюючого пара і камерою відсмоктування пароповітряної суміші, визначено:

- при зазорі 0,7 мм коефіцієнт гідравлічного опору ущільнення дорівнює $\zeta = 63100$, що при перепаді тиску 10 кПа (106000 – 96000 Па) призводить до витраті замикаючого пара через одне ущільнення $G = 205,7$ кг/час;

-при зазорі 0,5 мм коефіцієнт гідравлічного опору ущільнення дорівнює $\zeta = 178500$, що при перепаді тиску 10 кПа (106000 – 96000 Па) призводить до витраті замикаючого пара через одне ущільнення $G = 122,3$ кг/час.[2]

Висновок: при однаковій ширині ущільнень та однакових зазорах витрати пари через сотові ущільнення менше на 22% ніж при лабиринтних ущільненнях, та при однаковій ширині сотових ущільнень при зазорі 0,5 мм витрата менше на 46%.Враховуючи що при експлуатації між плановими капітальними ремонтами витрата пари через сотові ущільнення збільшуються в середньому на 4%, а через лабиринтні на 16% ефект від модернізації буде суттєвим .

Перелік посилань:

1. Буглаев, В.Т. Сотовые уплотнения в турбомашинах / В.Т. Буглаев.–Брянск: БГТУ, 2002.
2. Чайлдз, Элрод, Хейл. Эспериментальные данные по утечке и динамическим коэффициентам кольцевых сотовых уплотнений. Сравнение с лабиринтными и гладкими уплотнениями / Чайлдз, Элрод, Хейл // Современное машиностроение.– серия А.– 1989.– №11.– С.105–113

МЕТОД ОЦІНКИ МОДИФІКАЦІЙ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА РЕСУРС КРИТИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТУРБІН АЕС

Наближення встановленого терміну експлуатації енергоблоків АЕС, з одного боку, необхідність в підвищенні електрогенерації, в зв'язку з постійно зростаючими запитами споживачів, з іншого – ставить перед атомною галуззю дві глобальні задачі: 1) провести комплекс робіт і модернізацій з метою експлуатації енергоблоків у понадпроектний термін із забезпеченням необхідного рівня безпеки; 2) підвищити встановлену потужність з забезпеченням необхідного рівня безпеки для діючих енергоблоків, використовуючи закладені інженерні резерви діючих енергоблоків в поєднанні з наростаючими темпами розвитку науки і техніки. Одним з критичних елементів, в розрізі вирішення поставлених завдань, є турбіна [1].

Одним із способів оцінки та прогнозування залишкового ресурсу є застосування програмних засобів на базі кінцево-елементного методу. Як відомо, заходи щодо збільшенні встановленої потужності енергоблока потребують модернізацію проточної частини циліндра високого тиску турбіни, що відповідно вплине на ресурс ротору циліндру високого тиску, тому головна мета роботи -дослідження оцінки та прогнозування ресурсу ротора циліндра високого тиску типової швидкохідної турбіни К-1000-60/3000, яка встановлена і експлуатується на енергоблоках № 1,2 Хмельницької АЕС, № 3 Південно-Української АЕС, № 3, 4 Рівненської АЕС.

У роботі запропоновані підходи до оцінки та аналізу модернізацій, що впливають на ресурс критичних елементів турбіни АЕС. З метою апробації основних кроків запропонованих підходів було розроблено просторову 3-D модель циліндру високого тиску швидкохідної типової турбіни К-1000-60/3000, а також розраховані граничні умови за методологією [2] та з використанням CFD моделювання для подальшого визначення нестационарного температурного навантаження і подальшої оцінки ресурсу критичних елементів турбіни К-1000-60/3000 із застосуванням програмних засобів на базі кінцево-елементного методу.

У докладі будуть представлені: загальна блок схема аналізу критичних елементів турбіни АЕС, просторова 3-D модель циліндру високого тиску турбіни, результати розрахунку граничних умов на прикладі CFD моделювання першої ступені циліндру високого тиску для подальшого визначення теплового стану і подальшої оцінки ресурсу критичних елементів швидкохідної типової турбіни К-1000-60/3000 із застосуванням програмних засобів на базі кінцево-елементного методу.

Перелік посилань:

1. А.Г. Нікуленков, Т.В. Нікуленкова, и др. Розрахунок граничних умов для визначення теплового стану ротора високого тиску турбіни АЕС К-1000-60/3000. Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. 2018. № 12(1288). С. 51—56. doi: 10.20998/2078-774X.2018.12.09.

2 РТМ 24.020.16-73. Турбины паровые стационарные. Расчёт температурных полей роторов и цилиндров паровых турбин методом электро моделирования. Москва, 1973. – № ВК-002/3209. – 104 с.

УДК 621.6

Магістрант 5 курсу, гр. ТВ-61мн Новосад Ю.Б.
Доц., к.т.н. Нікуленкова Т.В.

МЕТОД УПРАВЛІННЯ КОТЛАМИ НА ТЕС

Потужність теплових електричних станцій становить близько 65 % світового об'єму енергоспоживання. В даний час виникають проблеми щодо покращення ефективності існуючих теплових електростанцій. Є необхідність зменшити викид забруднюючих речовин в довкілля. Управління процесом горіння в котельні являється важливим процесом. Тому пропонується метод, який базується на визначенні оптимального процесу горіння і враховує технічні та економічні обмеження палива.

Даний метод управління (рис. 1) одночасно регулює інтенсивність спалювання палива, дроселювання та відслідковує зміни в навантаженні турбіни.

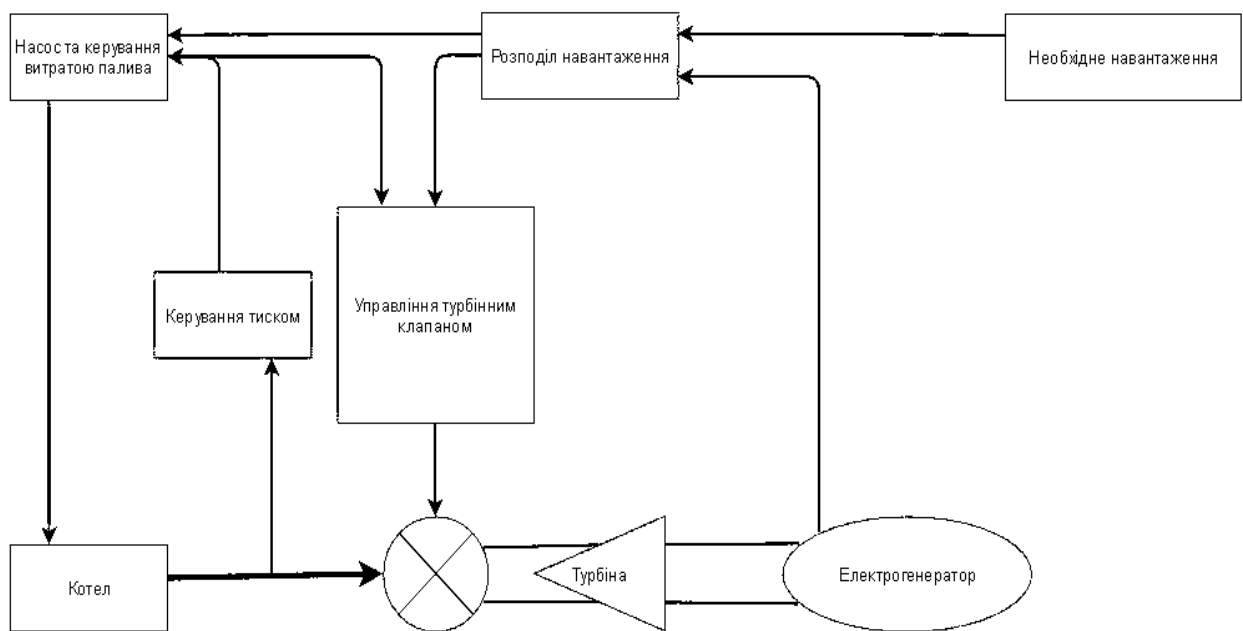


Рисунок 1 – Схема режиму керування

Використавши запропонований метод управління, можна досягти стабільних та плавних змін навантаження турбіни завдяки максимальному використанню наявного запасу тепла в котлі. Відхилення тиску контролюється, так само як і накопичення теплової енергії.

На сьогоднішній день метод управління котлами для теплової станції є організованим. Даний процес базується на автоматичному визначенні оптимальних значень процесу регулювання, з використанням економічного оптимізатора, що враховує експлуатаційні і екологічні обмеження.

Перелік посилань:

1. A new method for controlling boiler of thermal pow: 2015 – 32 с.

УДК 662.87

Аспірант Носов Д.В.
Проф., д.т.н. Кєсова Л.О.

ЗАЛУЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЛАЗМОВОЇ АКТИВАЦІЇ ПАЛИВА ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ НИЗКОРЕАКЦІЙНОГО ВУГІЛЛЯ НА ПИЛОВУГІЛЬНИХ ТЕС

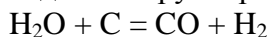
Вагома частина генеруючих потужності енергетиці України забезпечують пилувугільні ТЕС. В наслідок воєнного конфлікту втрачено велику частину регіону якій забезпечував діючи потужності пилувугільних ТЕС високоякісним вугіллям антрацитової групи. Забезпечення паливом з інших родовищ стикатися з технологічними труднощами. Котлоагрегати розраховані на вугілля антрацитової групи з відповідними показниками при спалюванні. Використання низько реакційного вугілля потребує залучення додаткових рішень для забезпечення відповідності показників.

Економічні розрахунки по різним типам вугілля постійно збільшують собівартість одиниці генеруючої потужності. Використання в циклі спалювання природного газу або мазут, також негативно впливає на паливний баланс станції маючи високу вартість.

Пропонується залучити в якості активатора палива плазмове середовище яке забезпечить низьку потужних переваг, а саме:

- запуск котла без використання природного газу або мазут;
- потужну та високошвидкісну підсвітку пилувугільного факелу, та стабілізацію виходу шлаковидалення. [1]

З екологічної точки зору викиди парникових газів при виробленні одиниці електричної або теплової потужності помітно знизяться. Зокрема, скорочення викидів CO₂ на 10–15 грам на 1 кВт·год виробленої електроенергії за рахунок зниження механічного недопалу палива на 40–50%. При плазмової газифікації і комплексної переробки вугілля для збільшення водневої складової в якості агенту газифікації використовують струм водного пару по реакції:



Теплота згоряння одержуваного по реакції синтез-газу (CO + H₂) на 10–15% вище теплоти згорання вихідного вугілля. [2]

Технології плазмової активації паливна займають особливе місце в енергетиці, оскільки традиційне спалювання палива відбувається на атомно-молекулярному рівні, а з використанням цих технологій – на іонно-електронному (фізико-хімічному) рівні, що забезпечує більш глибоке управління процесом і, як наслідок, формує максимальну енергетичну ефективність.

Перелік посилань:

1. Карпенко Е.И., Жуков М.Ф., Мессерле В.Е. и др. Научно-технические основы и опыт эксплуатации плазменных систем воспламенения углей на ТЭС (безмазутная растопка котлов и стабилизация горения пылеугольного факела).– Новосибирск: Наука, 1998.– 137 с.

2. Карпенко Е.И., Мессерле В.Е., Чурашев В.Н. и др. Эколого-экономическая эффективность плазменных технологий переработки твердых топлив.– Новосибирск: Наука, 2000.– 159 с.

ЕКОНОМІЧНІ ПЕРЕВАГИ МОДЕРНІЗАЦІЇ КІНЦЕВИХ УЩІЛЬНЕНЬ РВТ ТУРБИНИ

Одним з важливих напрямків робіт з підвищення надійності і економічності паротурбінного обладнання є удосконалення кінцевих і проміжних ущільнень.

Актуальною є задача дослідження зміни відносного внутрішнього ККД циліндра при зношенні ущільнень в порівнянні зі значеннями початкового періоду експлуатації та модернізація ущільнень від лабіринтної до сотової структури.

Модернізація системи кінцевих ущільнень турбіни підвищує економічність роботи турбоагрегату за рахунок зменшення кількості ущільнюючого пара стороннього джерела, підвищує надійність і маневреність роботи турбіни при пуску, зупинці і скиді навантаження за рахунок автоматичної підтримки тиску в камерах ущільнень при переході від подачі до відсмоктування пари і навпаки.

Відмінності реконструйованої системи кінцевих ущільнень турбоустановок від заводських полягають у наступному: – у всіх кінцевих ущільненнях циліндрів високого тиску ліквідуються камери постійної подачі ущільнюючого пара; – відсмоктування пари з колишніх вакуумних камер на охолоджувач пара ущільнень проводиться через колектор високого тиску і знову встановлений регулюючий клапан, керований регулятором тиску.

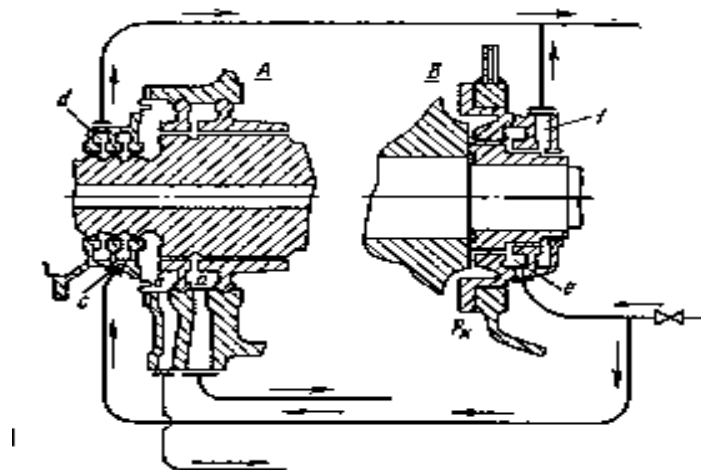


Рисунок 1 – Схема підведення пари до турбіни високого тиску

Таким чином, підвищується надійність і економічність роботи схеми за рахунок роботи ущільнень ЦВТ на режимі самоущільнення.

Надійність роботи схеми відсмоктувачів також підвищується за рахунок забезпечення рівномірного по колу камери відсмоктування (подачі) пара і пароповітряної суміші, яка досягається шляхом установки в камерах додаткових патрубків відсмоктування (подачі).

Економічність роботи турбіни при впровадженні реконструкції системи кінцевих ущільнень підвищується на 0,15–0,2 %.

Перелік посилань:

1. Вплив стану кінцевих ущільнень на економічність парових турбін / Є.М. Перфілов, Й.С. Мисак, Т.Ю. Кравець // Восточно-Европейский журнал передовых технологий 2/8 (56) 2012- С.23-25

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В РОЗРІЗІ ПОЛОЖЕНЬ КІОТСЬКОГО ПРОТОКОЛУ

План виконання рішень Всесвітньої зустрічі на вищому рівні зі стійкого розвитку, що відбулася в Йоганнесбурзі 2002 року, надає значну увагу подальшому зростанню використання поновлюваних джерел енергії: В країнах, що розвиваються, і країнах із перехідною економікою, в тісному взаємозв'язку вирішення цього питання :з виконанням положень Кіотського протоколу. Означений процес забезпечується створенням низки пільг і преференцій, у зв'язку з чим актуалізація проблеми класифікації джерел енергії, що не належать до традиційних і, відповідно, підпадають під діючі та майбутні пільги. В Україні даний процес перебуває на початковому рівні, а отже проблема класифікації набуває гостроти і актуальності.

В Україні в 1993 році прийнято ДСТУ 2275-93 "Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії. Терміни та визначення", але попри назву стандарту, поняття "нетрадиційні джерела" в тексті документа навіть не згадується. Визначення поновлюваних джерел теж відсутнє, і віднесення або не віднесення до цього виду джерел може визначатися лише наведеним переліком, що є некоректним і неповним.

Висновок очевидний - ситуацію з термінологією і класифікацією можна визначити як таку, що на сьогодні не має чіткого нормативного визначення й узгодженої думки фахівців.

В англійській технічній літературі всі подібні джерела об'єднано терміном "renewable energy source", що українською найчастіше перекладається як "поновлюваний". Однак за своїм змістом і структурою включених до нього джерел для його перекладу більше відповідає термін альтернативне джерело енергії, який останніми роками набуває все більш широкого значення. Він використовується в офіційних документах ООН, а в Україні набув офіційного статусу після прийняття "Закону про альтернативні види рідкого і газового палива", в якому визначено, що вони добуваються з нетрадиційних видів енергетичної сировини, а також Закону України "Про альтернативні джерела енергії".

Прийнявши цю пропозицію, можна скласти досить чітку картину - вся енергетика поділяється на традиційну й альтернативну, яка в свою чергу поділяється на поновлювану і нетрадиційну. Остання включає виробництво енергії з альтернативних видів палива і виробництво енергії з джерел техногенного походження, тобто вторинних енергетичних ресурсів.

Означений розподіл дозволяє визначити поновлювані джерела енергії винятково як такі, використання яких не впливає на джерело і не призводить до викидів в атмосферу: та забруднення в контексті понять Кіотського протоколу. Своєї черги, використання нетрадиційних джерел енергії на основі вторинних енергоресурсів – як таке, що зменшує питомі показники викидів, дозволяючи виробляти додатково енергію на основі уже витрачених енергоресурсів.

Отже, створення альтернативної енергетики – одне з найважливіших питань національної та глобальної безпеки.

Перелік посилань:

М.Д. Рабінович Альтернативна енергетика: Проблеми класифікації та положення Кіотського протоколу// Проблеми загальної енергетики. - №9 – 2003.- С.29-31

АДАПТАЦІЯ ПРИРОДНОЇ МЕМБРАНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВОДНЕВОГО ПАЛИВА З ВОДИ.

Воднева енергетика — це напрям вироблення та споживання енергії людиною, який базується на використанні водню як засобу для акумулювання, транспортування та вживання енергії населенням, транспортом та різними виробничими напрямками. Водень обрано як найпоширеніший елемент на поверхні Землі та у космосі, він має найбільшу енергоємність, а продуктом його згоряння є тільки вода, що знову вводиться у обіг. Водень може бути використаний як паливо для будь-яких транспортних засобів (у тому числі легкових автомобілів та катерів), а також для задоволення енергетичних потреб будівель (прилади для безперервного живлення) і як живлення для побутової техніки. Водню в чистому вигляді у природі майже немає, тож його потрібно виробляти в процесі електролізу води або іншим способом.

Отже одним з таких способів може стати інноваційна технологія адаптації природної мембрани для виробництва водневого палива з води. Шлях хімічної реакції, що має ключове значення для біології рослин, був адаптований для формування основи нового процесу, який перетворює воду у водневе паливо, використовуючи енергію сонця. У недавньому дослідженні, проведеному в Арагонській національній лабораторії Міністерства енергетики США, вчені об'єднали два мембранно-пов'язаних білкових комплексу для повного перетворення молекул води на водень і кисень.

Робота заснована на більш ранньому дослідженні, в якому розглядалося один з цих білкових комплексів, званий фотосистемою I, мембранний білок, який може використовувати енергію світла для подачі електронів до неорганічного каталізатора, що виробляє водень. Ця частина реакції, однак, є лише половиною всього процесу, необхідного для генерації водню.

Використовуючи другий білковий комплекс, який використовує енергію світла для розщеплення води і вилучення з неї електронів, званий фотосистемою II, Арагонський хімік Ліза Утшіг і її колеги змогли взяти електрони з води і подати їх до фотосистеми I.

За словами Лізи Утшіг, наступним кроком для дослідження є включення мембранозв'язаних схем в живу систему. Вона сказала: «Як тільки у нас буде система *in vivo*, в якій цей процес відбувається в живому організмі, ми дійсно зможемо побачити, як гума виходить на дорогу з точки зору виробництва водню».

Перелік посилань:

1.) Воднева енергетика // – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Воднева_енергетика

2.) Hi-Tech Новини / Discovery адаптує природну мембрану для виробництва водородного палива з води // – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://android-robot.com/discovery-adaptiruet-prirodnuyu-membranu-dlya-proizvodstva-vodorodnogo-topliva-iz-vody/>

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО СТАНУ ФАКЕЛУ В СНС

Однією з основних особливостей топкових технологій є використання різноманітних елементів стабілізації та інтенсифікації горіння, серед яких особливе місце займає струменево-нішева система стабілізації та спалювання газу (СНС) [1]. На основі СНС базується універсальна система синтезу пальникових систем, що забезпечує технологічність їх виготовлення, можливість «тиражування» теплової потужності, а також прогнозування та мінімізації шкідливих викидів у продуктах спалювання вогнетехнічного обладнання. Універсальність технології спалювання визначається можливістю ефективного використання газів для різного ВО з різними рівнями температур та надлишку повітря. Одним з можливих варіантів забезпечення вимог універсальності є визначення можливості адаптації пальників, які працюють на природному газі, спалювання зрідженого газу (суміш пропан-бутану) в якості резервного палива.

Основною метою експериментального дослідження є визначення впливу геометричних параметрів паливоподачі СНС на розподіл температур у факелі при горінні газоподібних палив, що має слугувати основою при розробці практичних рекомендації для проектування та впровадження у промисловість газопальникового обладнання на основі СНТ.

Результати дослідження температурного поля факелу та продуктів спалювання при горінні зрідженого газу представлені у безрозмірних координатах на рис. 1.

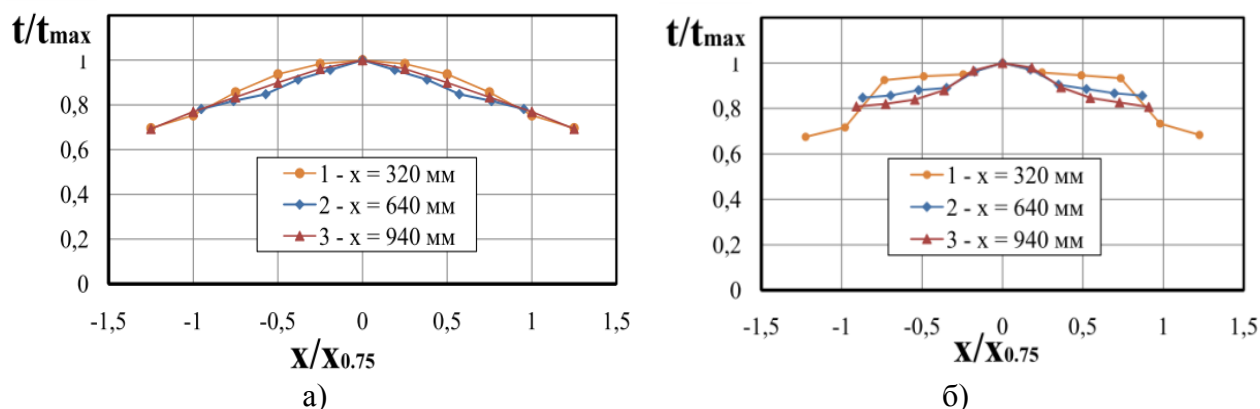


Рисунок 1 – Розподіл температури в поперечному перерізі факелу в напрямі нормальному до розміщення СНС при: а) $W_{\Pi}=5$ м/с, $\alpha_{\Sigma}=1,1$, $d=4$ мм, $L_1=10$ мм, $\bar{s}=4,6$; б) $W_{\Pi}=5$ м/с, $\alpha_{\Sigma}=1,1$, $d=4$ мм, $L_1=25$ мм, $\bar{s}=4,6$;

На рис. 1 температура представлена у вигляді відношень значень температури в точці t до максимального значення температури в досліджуваному перетині t_{\max} (на осі факелу). По осі абсцис відкладено безрозмірну координату, де в якості масштабу $x_{0,75}$ прийняте таке значення координати, при якому виконується рівність $t/t_{\max}=0,75$.

У всіх трьох досліджуваних перетинах профіль повної температури є автосиметричним (рис. 1, а). З рис. 1, б видно, що зі збільшенням відстані від стабілізатору зменшується площа фронту полум'я, що в свою чергу призводить до скорочення довжини факелу. Наявні ознаки вказують на значний вплив відстані L_1 на механізм горіння факелу, таким чином зміщуючи його від чисто дифузійної області в область кінетичного горіння палива.

Перелік літератури:

1. Сірий О.А., Абдулін М.З. Дослідження енергетичних показників струменево-нішевої системи спалювання палива Харків: НТУ «ХПІ», Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування, 2018. – № 12(1288). – с. 89–94

ЕКОНОМІЧНІСТЬ ПАРОТУРБІННИХ УСТАНОВОК ПІСЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ КІНЦЕВИХ УЩІЛЬНЕНЬ

Відомою проблемою лабіринтних ущільнень є флуктуаційний характер течії ущільнюючої пари при низьких витратах свіжої пари. Дана обставина призводить до сильного зменшення відносного внутрішнього ККД турбіни на змінних режимах [1].

Актуальною є задача дослідження роботи турбоустановок за таких режимів після модернізації ущільнень від лабіринтної до сотової структури.

Для проведення оцінки витратних характеристик використано результати впровадження сотових ущільнень на 4 блоці Каширської ТЕС потужністю 300 МВт, у вигляді залежності відносного внутрішнього ККД турбіни η_{oi} від витрати пари на турбіну G [2]. Однак в даній роботі досліджено лише діапазон витрат від 565 до 965 т/год. Для діапазону витрат від 145 до 565 т/год наявні дані в роботах Левченка Є.В., Лисянського А.С., Голошапова В. М., однак лише для лабіринтних ущільнень.

Через відсутність даних щодо показників роботи турбіни обладнаних сотовими ущільненнями за низько-витратних режимів, було прийнято рішення виконати екстраполяцію на основі наявних даних. Для цього було проведено апроксимацію наявних даних щодо лабіринтних ущільнень на основі рівняння регресії з використанням оператора Хілла у вигляді:

$$\eta_{oi} = \alpha + \frac{\theta \cdot G^\beta}{k^\beta + G^\beta}$$

де α , β , θ , k – коефіцієнти рівняння регресії.

Після знайдення найбільш раціонального рівняння регресії для описання експериментальних даних, щодо роботи лабіринтних ущільнень, це ж рівняння було застосовано для екстраполяції даних, щодо сотових ущільнень. Результати, вказаного вище, представлені на рис. 1.

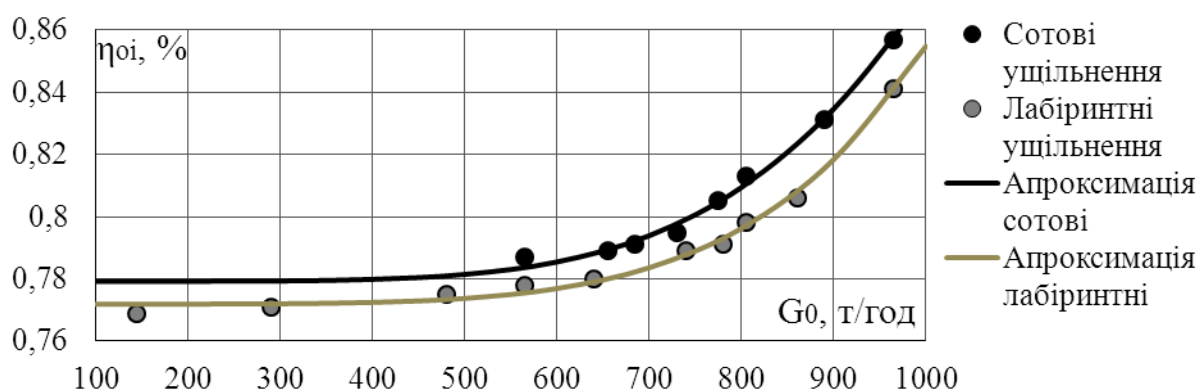


Рисунок 1 –Зміна відносного внутрішнього ККД ЦВТ за різної витрати свіжої пари G_0

Отримані дані дозволять оцінити витратний коефіцієнт сотових ущільнень та провести чисельний CFD-експеримент, щоб встановити характер течії пари в сотових ущільненнях на маловитратних режимах роботи турбіни.

Перелік посилань:

1. Г. А. Бондаренко. Исследование течения в лабиринтном уплотнении / Г. А. Бондаренко., В. Н. Бага // Вісник НТУ «ХПІ». – 2015. – №15(1124). – С. 23-31.
2. Results of the commercial introduction of honeycomb shroud seals on 300 MW turbine units / Sakharov, A. M., Konovalov, V. K. // Electric stations, 2010. – Vol. 2. – pp. 33-38.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ТЕПЛОВІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

В даний час енергозбереження є одним з найважливіших питань в економічному розвитку ринків та споживчих послуг. Використання альтернативного джерела енергії стають все більш популярним в технологіях енергозберігання. Панелі сонячних батарей, у поєднанні з використанням вітрових турбін, можуть використовуватися як додаткові і як головне джерело енергії. Тому споживачі можуть звільнитися від централізованої енергетичної мережі. Крім того, споживання енергії та паливних ресурсів може бути зменшена.

«Енергозбереження» включає наукові та практичні методи, на які спрямовано раціональне та економічне використання енергії. Є багато методів, які є розроблені для енергозбереження. Всі енергозберігаючі технології можуть бути розроблені і реалізуються наступними способами:

- економія теплової та електричної енергії;
- автоматизація та оптимізація режимів горіння;
- винахід не енергетичних установок для виробництва електроенергії;
- впровадження новітніх водоочисних споруд у джерелах тепла;

Як визначено, альтернативні системи сонячної енергії є ефективними і можуть бути встановлені в будь-якому регіоні. Вітрові турбіни або вітряні млини можуть бути встановлені і обслуговуватися у місцях де доступ обмежений, де пориви вітру становлять 4 метри за секунду або менше. Сонячні панелі є ідеальним варіантом для збору сонячної енергії. Вони використовуються при нагріванні та для отримання теплої води.

Сонячні панелі можуть бути плоскими, основними, з лінійним фокусом, вакуумними трубчастими і повітряними. Як наслідок, ці альтернативні джерела енергії добре підходять для підтримання позитивної температури всередині будівлі. Новітній видобуток системи палива, що називають «Відновлювана нафта», стають більш популярними серед поновлюваних і потенційних джерел енергії. Багато високорозвинених країн вивчають і працюють з цими системами у державних структурах влади. Системи палива «Відновлювані нафти» використовують вторинну переробку масла, яку отримують з тригліцеридної речовини, постачання якої надходить з сектора економіки сільського господарства, щоб дозволити виробництво палива. Ці матеріали можуть бути зерновими культурами, водоростями, тваринними жирами, відпрацьованими жирами й маслами, енергоємним біопаливом та іншими компонентами.

Підсумовуючи, відсутність енергії стає одним з найважливіших факторів для економічного зростання. Енергоефективність може бути уповільнена, і як наслідок може бути навіть більш динамічне зростання попиту на енергоресурси. У цьому випадку, прагматичний комплексний підхід необхідний для підвищення енергоефективності на різних рівнях.

Перелік посилань:

1. Д.К.Турченко. Енергозбереження та економіка України / Д.К.Турченко // Відновлювана енергетика. 2006. С. 69-85

ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ ГАЗОПОДІБНОГО ПАЛИВА

Технічне горіння є основною багатьох технологічних процесів промисловості країни. Підвищення ефективності використання палива промисловим та енергетичним обладнанням зі збереженням жорстких екологічних норм є одним з пріоритетних напрямів розвитку економіки країни. У лабораторії проблем горіння КПІ ім. Ігоря Сікорського понад півстоліття проводяться роботи з розробки та вдосконалення промислового газопальникового обладнання. Для визначення впливу геометричних та режимних параметрів стабілізаторів полум'я на процес горіння палива необхідне відповідне лабораторно-технічне стендове забезпечення досліджень. Для визначення робочих характеристик струменево-нішевої системи стабілізації та спалювання палива розроблено стенд з необхідною вимірною апаратурою (рис. 1).

Повітря на горіння подається в робочу ділянку вентилятором 1 з можливістю регулювання його витрати за рахунок зміни частоти обертання робочого колеса нагнітача частотним перетворювачем 5. Витрата вимірюється двома інтегруючими трубками Піто 4, що встановлені в повітряному каналі навхрест, сигнал від яких виводиться на лабораторні мікроманометри 6. Пальний газ подається до газового колектора 9, який розміщується безпосередньо в робочій зоні стабілізатору 10, його конструкція дозволяє проводити швидко заміну робочих модулів. Витрата палива вимірюється звужуючим пристроєм, перепади тиску фіксуються чашковими мікроманометрами 7. Підпал горючої суміші виконується свічею запалювання 11. Продукти спалювання, а також пальна суміш, що не прореагувала виводиться у димову трубу лабораторії. Місце стабілізації факелу 10 обладнане оглядовим віконцем, виконаним з кварцу, яке призначене для дослідження процесів запалювання/згасання факелу в стабілізаторі. Для визначення температур пального та окисника додатково використані термоелектричні перетворювачі опору (ТСМ) 2, 8. Для забезпечення допустимих температур найбільш теплонапружених елементів стабілізатору, реалізовано його примусове повітряне охолодження.

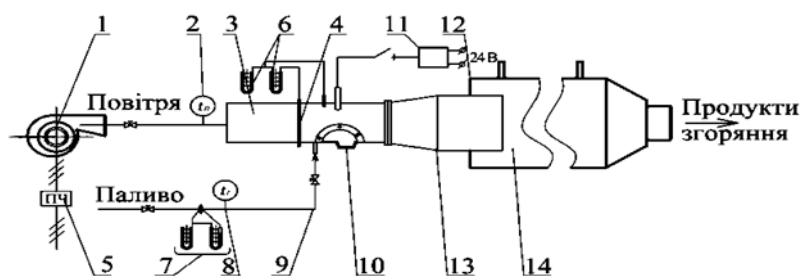


Рисунок 1 – Схема лабораторного вогневого стенду: 1 – вентилятор; 2 – термоелектричний перетворювач для вимірювання температури повітря; 3 – початкова ділянка; 4 – інтегральна трубка Піто; 5 – пристрій частотного регулювання обертів вентилятора; 6, 7 – блок манометрів; 8 – термоелектричний перетворювач для вимірювання температури палива; 9 – подача палива до основного колектора, розміщеного на струменево-нішевому модулі; 10 – струменево-нішевий модуль з оглядовим віконцем; 11 – свіча запалювання; 12 – штуцери для відбору проб та вимірювання температури газів по довжині факелу; 13 – дифуззор; 14 – футерована вогнева ділянка

Перелік посилань:

1. Сірий О.А., Абдулін М.З. Дослідження енергетичних показників струменево-нішевої системи спалювання палива Харків: НТУ «ХП», Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування, 2018. – № 12(1288). – с. 89–94

ОСОБЛИВОСТІ КОРОТКОТЕРМІНОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Станом на сьогодні одним із головних трендів сучасного розвитку відновлювальної енергетики є використання сонячної енергії. Частка сонячної енергетики інтенсивно зростає в енергосистемах усього світу. Сонячна енергія використовується для багатьох процесів, у тому числі для отримання електроенергії без забруднення навколишнього середовища.

На шляху високих темпів впровадження фотоелектричних систем постають дві головні перепони – мінливість і невизначеність, тобто той факт, що їх поточна потужність мінлива на всіх часових масштабах (від декількох секунд до років), і що сама ця мінливість є важко передбачуваною.

Сфера прогнозування сонячної і відповідної фотоелектричної енергії швидко розвивається.

Дослідженням у цій галузі присвячено окреме завдання Міжнародного енергетичного агентства, а саме – Програма фотоелектричної енергетики (IEA-PVPS)

Види прогнозів. Для прогнозування сонячної та фотоелектричної енергії використовуються різноманітні ресурси, включаючи традиційні виміри погодних даних, інформацію діючих сонячних електричних станцій (СЕС), аерокосмічних даних спостереження за хмарним покривом

Короткострокове прогнозування охоплює часові інтервали до декількох хвилин і годин; воно, зокрема, потрібне для частотного регулювання та балансування навантаження. Середньостроковий прогноз, від декількох годин до декількох днів, застосовується виходячи з ринкових вимог до торгівлі енергією. Нарешті, довгострокове прогнозування може знадобитися для планування розвитку енергосистеми та економічного аналізу і виконується в сезонних та річних часових горизонтах. Методи прогнозування в загальних рисах можна охарактеризувати як фізичні або статистичні. Фізичний підхід використовує моделі поведінки сонячної та фотоелектричної енергії, а статистичний підхід спирається насамперед на накопичені дані для визначення тенденцій.

Висновки. Отже, дослідження можливостей прогнозування сонячної енергії є динамічним процесом зі швидким розвитком нових моделей. Зокрема, сонячні прогнози лише недавно були введені в практику енергетичних систем. Імовірнісний підхід до прогнозування може стати основою нових підходів до роботи енергосистеми, адаптованих до наявності мінливих відновлюваних джерел енергії. Швидкі темпи розвитку сонячної енергетики та її прогнозованість стали предметом уваги системних операторів електроенергетики.

В Україні наявні СЕС ще не справляють помітного впливу на стан енергосистеми. Проте їх загальна потужність швидко зростає, при тому що надійний інструментарій короткострокових прогнозів відсутній (досяжна похибка прогнозу надто висока). Отже, потреба в дослідженні цього питання та розробці ефективних (точних та водночас доступних) методів прогнозування набуває все більшої актуальності.

Перелік посилань:

1. М.П.Кузнецов. Можливості короткотермінового прогнозування сонячної енергії / М.П.Кузнецов, О.В.Лисенко// Відновлювана енергетика. 2017. № 1. – С. 25-32.

Магістрант 5 курсу, гр. ОТ-81мп Сапунов А.О
Доц., к.т.н. Єщенко О.І.

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДОШКІЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Підвищення рівня енергоефективності – це інженерно-технічні та організаційні заходи для зменшення використання енергії, при підтримуванні комфортних термічних та санітарних умов, що досягається за допомогою використання відновлювальних джерел енергії, енергозберігаючих матеріалів конструкції, модернізація обладнання та інше [1].

Такі заходи є дуже актуальні для України, тому що основна маса дошкільних навчальних закладів (ДНЗ) було збудовано у 50–80-х роках ХХ століття, внаслідок цього огорожувальні конструкції і інженерні системи не відповідають сучасним вимогам з енергетичної ефективності.

Для дослідження використання програмного забезпечення проведено моделювання ДНЗ №630 у м. Києві (рік побудови 1951, опалювальна площа 918 м²., річне споживання електричної енергії 31601 кВт·год та теплової енергії 138,07 Гкал).

Аналіз стану архітектурних будівельних конструкцій(стіни, вікна та інше) та інженерних систем зроблений шляхом візуального та інструментального(цифрова термометрія, тепловізійна зйомка) обстеження.

Визначення рівня енергоефективності ДНЗ виконано з використання комп'ютерного моделювання, було використано наступні програмні забезпечення:

- DesignBuilder де можна працювати з віртуальними моделями будівництва, вирішувати завдання з вентиляції та опалення а також отримати розрахунок тепловтрат та теплопритоків;
- RETScreen дозволяє провести вичерпний технічний аналіз будівлі, а також доцільність проектів на джерелах відновлюваної енергії.

В програмному забезпеченні DesignBuilder було створено 3-D модель будівлі, модернізовано огорожувальні конструкції та проведено розрахунок теплового насоса в системі опалення. В аналізі RETScreen було проведено розрахунок доцільності використання сонячних колекторів в системі гарячого водопостачання.

За розрахунками DesignBuilder та RETScreen було порівняно фактичні та розрахункові споживання енергії, які відрізняються на 5%. При модернізації теплозахисту огорожувальних конструкцій вимагається проведення утеплення стін до нормативних значень термічного опору, що досягається завдяки встановлення на зовнішню стінку утеплювач(мінеральна вата 100мм) і дає змогу зекономити до 15% на споживанні теплової енергії, а термін окупності складатиме 10 років. За допомогою DesignBuilder було змодельовано систему опалення з використання теплового насоса, термін окупності такої системи становить 12 років. Аналіз даних RETScreen показав, що встановлення сонячних колекторів в системі гарячого водопостачання є доцільним, термін окупності становить 13 років.

Перелік посилань:

1. Габриель И., Ладенер Х. Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома. – Санкт-Петербург: «БХВ-Петербург», 2011.-470 с

СТРУМЕНЕВО-НІШЕВА ТЕХНОЛОГІЯ СПАЛЮВАННЯ ПАЛИВА

Струменево-нішева технологія (СНТ) спалювання палива – універсальна технологія, що дозволяє досягати економії природного газу та електроенергії, поліпшення всіх показників роботи газоспалюючих об'єктів (котли, печі, сушила тощо), технічні характеристики яких, після модернізації, частіше вище паспортних [1].

Результати впровадження універсальної технології на водогрійних котлах ПТВМ-30 наведені на рис.1. Слід зазначити, що після модернізації котли вийшли на більш високий рівень продуктивності при прийнятних показниках по викидам. Таким чином, модернізовані пальники повністю задовольняють сучасним вимогам, що виносяться до газоспалюючого обладнання, дозволяючи продовжити строк експлуатації застарілого ВО.

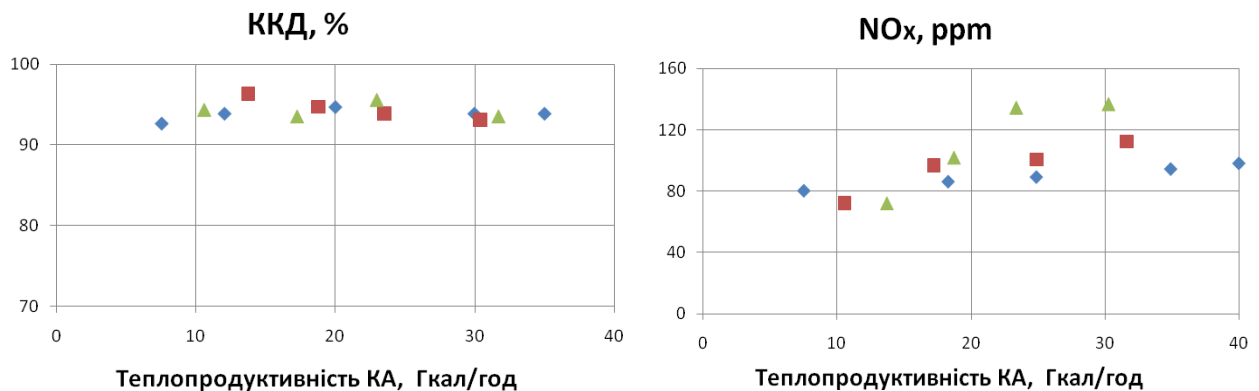


Рисунок 1 – Характеристики котла ПТВМ – 30 модернізованого ПП СНТ

Широкомасштабний досвід промислової експлуатації ПП СНТ на котлах, печах, сушилах і т.д. показав наступні результати:

- зниження рівня шуму на 20-40 %;
- зниження рівня емісії токсичних речовин (NO_x, СО і т.д.) на 20–40 % [2];
- широкий діапазон зміни коефіцієнта надлишку повітря від 1,01 до 20 при збереженні високих значень ККД;
- хорошу адаптацію ПП до існуючої інфраструктури ВО ;
- поліпшення якості виробленої ВО продукції;
- окупність витрат з модернізації об'єкта (проект, виготовлення ГУ , монтаж, налагодження і т.д.) за рахунок економії газу та електроенергії.

Перелік посилань:

1. М.З. Абдулін Вітчизняні енергоефективні технології – запорука енергетичної безпеки держави [Текст] / О. А. Сірий, М.З. Абдулін: монографія.– «КПІ», 2013. – С. 224–233.
2. М.З. Абдулін, О.А. Сірий, Г.Р. Дворцин. Вплив технологічних засобів зниження емісії NO_x вогнетехнічними об'єктами модернізованими на основі СНТ. 13-а Міжнародна науково-практична конференція «Вугільна теплоенергетика: шляхи реконструкції та розвитку», 19–21 вересня 2017, с. 96–98.

Магістрант 5 курсу, гр. ТС-81мп Стеценко В.В.
Доц., к.т.н. Грановська О.О.

**РОЗРОБКА СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ
ЕЛЕМЕНТІВ РОТОРІВ ЕНЕРГОБЛОКУ Т-250/300-240**

В зв'язку з гострою нестачею пікових потужностей в Україні є вкрай актуальною проблема використання турбін типу Т-250/300-240 для покриття піків енергосистеми і розвантаження під час провалів.

Аналіз результатів досліджень високотемпературних вузлів турбіни Т-250/300-240 показав, що під час пуску з холодного стану тільки в корпусі стопорного клапану температурні показання не перевищують допустимі налаштування. Основними елементами є ротор високого тиску (РВТ), ротор середнього тиску¹ (РСТ-1) і внутрішній корпус циліндра високого тиску (ЦВТ).

Найбільш ефективним шляхом зниження термічних напружень є реалізація технології парового охолодження високотемпературних ділянок роторів парових турбін.

Принципом роботи системи охолодження парової турбіни є підведення охолодженої пари до поверхні. Для цього необхідно підводити пару з тиском, дещо більшим, ніж тиск робочого тіла в зоні охолодження, і з температурою, яка менше, ніж температура робочої пари.

За способом підвищення пари всі системи можна розділити на дві групи: пасивні і активні.

В пасивній системі охолодження в якості охолоджуючої пари використовується потік робочої пари через вантажні отвори при негативній кореневій реактивності в ступені турбіни. Як показав досвід в такій системі температура в залі охолодження знижується в середньому не більш, ніж на 20 °С, у порівнянні з температурою ротору без охолодження. При зміні режимів роботи турбіни або в разі зношення ущільнень ефективність роботи такої системи охолодження може знизитись.

Існує декілька схем і способів підготовки охолоджуючої пари. Як правило для примусового охолодження РВТ використовується високопотенціальна світла пара, що призводить до зниження потужності турбоустановки. Той самий час для охолодження світлої пари необхідна установка спеціального теплообмінника та реалізувати окремі схеми для охолодження РВТ і РСТ.

Перелік посилань:

1. Ивановский А.А. Расчет состояния роторов высокого и среднего давления турбины Т-250/300-240 в зоне лабиринтовых уплотнений / А.А. Ивановский, В.Л. Похорилер, В.Н. Голошумова // Электрические станции.– 2008.-№1.– С.32-37.

ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕНЕРГОБЛОКІВ ТЕС УКРАЇНИ

Сучасна ситуація в електроенергетиці України може бути охарактеризована як небезпечна. Це визвано старінням основного енергетичного обладнання, яке дісталось Україні в результаті розпаду СРСР. Динаміка спаду встановленої електричної потужності можлива до 2025 р. [1-2]. Цей спад визначено 30-річним нормативним терміном служби при безперервній роботі найбільш відповідального енергетичного обладнання. Протягом цього терміну забезпечена його надійна робота без пошкодження при проектному обсязі контролю. Фактичне продовження експлуатації досягає 250 тис.год, при чому обладнання працює в маневрених режимах зі скиданням та підйомом навантаження, а також з незапланованими пусками та зупинами. У зв'язку з цим виникає гостра необхідність в модернізації і реконструкції основного енергообладнання, можливі напрямки яких розглядаються нижче. Для модернізації досить часу, передбаченого в графіках розширеного або капітальним ремонту – 1–1,5 місяці. Для реконструкції діючого обладнання необхідно 3 - 5 років, а для будівництва нових енергоблоків – 6–10 років.

Модернізація дозволяє в певній мірі відновити проектні технічні характеристики обладнання та технологічних систем, продовжити термін їх експлуатації, зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище при мінімальних витратах. При модернізації кожного енергоблоку визначається технічний оптимум необхідних робіт і оцінюється економічна доцільність їх проведення. У нових економічних умовах реально можуть бути впроваджені тільки ті нововведення, які технічно, технологічно і екологічно конкурентоспроможні, а також повертають витрачені на їх розробку і впровадження фінансові кошти в повному обсязі з прибутком і в обумовлений термін.

Модернізація систем пилоприготування при факельному спалюванні вугілля можлива за рахунок впровадження таких технічних рішень:

1. Подача до пальникових пристроїв котлів високо концентрованого вугільного пилу. Це дозволяє, за даними робіт [3]: зменшити металоємність і спростити трасування пилопроводів за рахунок підвищення концентрації пилу до 100 кг/м^3 , малих швидкостей пилонзвісі (6–12 м/с) і малого діаметра пилопроводів (60–80 мм); скоротити їх зношування; знизити витрату електроенергії на дуття, відмовившись від дуттьових вентиляторів первинного повітря і використовуючи для транспорту пилу повітря від стаціонарної компресорної; змінювати в широких межах частку первинного повітря в залежності від умов горіння; організувати попередню термообробку пилу перед подачею в пальники; зменшити утворення оксидів азоту в топці.

2. Установка роторнолопастних сепараторів (наприклад, типу MRS фірми "Мицубісі") [4]. В результаті створюються умови стабільної роботи малотоксичних пилових пальників, і витрата електроенергії зменшується при помелі на 15–25%.

Перелік посилань:

1. Кулик М.М., Дупак О.С., Дубовської С.В. Електроенергетика України: сучасний стан, проблеми перспективи / НГСЕУ, ІНЕСД.- К., 1999. - 99 с.
2. Плачков І.В., Шидловський А.К., та ін. Сучасний стан перспективи розвитку електроенергетики України // Енергетика и электрификация. - 1999. - № 5. - С. 1-15.
3. Тумановский А.Г., Бабий В.И., Енякин Ю.П. и др. Совершенствование технологии сжигания топлива // Теплоэнергетика. - 1996. - № 7. - С. 30-39. :
4. Довготелес Г.А., Котельников Н.И., Салимов М.П. и др. Освоение технологии подачи угольной пыли с высокой концентрацией для котлов, сжигающих АШ // Енергетика и электрификация. - 1999. - № 3. - С. 12-14.

ЗНИЖЕННЯ ЕМІСІЇ ОКСИДІВ АЗОТУ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ МЕТОДАМИ

Оксиди азоту знижують врожайність сільськогосподарських культур, ініціюють ряд небезпечних фотохімічних реакцій в атмосфері, «з'їдають» озон і маючи небезпечні концентрації здійснюють вплив на великих відстанях від електростанцій в сільськогосподарських районах. Азотна кислота робить істотний вплив на утворення кислотних дощів, що підкислює верхні шари ґрунтів та посилення сорбції радіонуклідів у поверхневому шарі. Якщо для ряду країн Європи її внесок в кислотні дощі 10–20%, то для України внесок оксидів азоту в кислотні дощі знаходиться в межах від 35 до 50%. Згубність впливу оксидів азоту на людину, велика. Тривала дія навіть порівняно невеликих концентрацій NO_x в повітрі збільшує кількість гострих і хронічних респіраторних захворювань, а також негативно діє на рослинний і тваринний світ. Якщо раніше мова йшла про концентраціях NO_x у викидах продуктів згоряння в сотні міліграмів на кубічний метр, то сьогодні екологічна безпека диктує необхідність зниження вмісту цих забруднювачів до десятків і навіть одиниць міліграмів на кубічний метр.

Актуальною проблемою теплоенергетики України є ефективне зниження викидів оксидів азоту при мінімальних капітальних та експлуатаційних витратах. Цим вимогам відповідає можливість впливати на технологічний фактор – процес спалювання палива.

Розрізняють три механізми утворення оксидів азоту: термічний, швидкий і паливний. При утворенні термічних і швидких оксидів азоту – джерелом азоту є повітря, а в разі утворення паливних оксидів азоту – азотовмісні складові палива.

Термічні оксиди азоту утворюються в результаті реакції окислення атмосферного азоту вільним киснем в процесі горіння. Основними факторами, що впливають на вихід термічних оксидів азоту, є: температура в зоні генерації NO_x, концентрація атомарного кисню і час перебування продуктів згоряння в цій зоні. При цьому концентрація оксидів азоту лінійно збільшується зі збільшенням концентрації атомарного кисню і за експонентною залежністю зі збільшенням температури.

Швидкі оксиди азоту утворюються при порівняно низьких температурах в результаті реакцій вуглеводневих радикалів з азотом повітря і подальшої взаємодії азотовмісних та кисневмісних радикалів.

Паливні оксиди азоту утворюються з азотовмісних з'єднань палива при окисленні киснем вже при температурі 900–1000 К. Паливні оксиди азоту не утворюються при спалюванні природного газу (так як він, за рідкісним винятком, не містить пов'язаного азоту), але зате при спалюванні мазуту частка паливних NO_x вельми велика, а в деяких випадках становить майже 100% загального викиду NO_x.

Технологічними засобами зниження вмісту оксидів азоту є:

- нестехіометричне спалювання палива;
- рециркуляція димових газів (зовнішня, внутрішня);
- введення невеликих кількостей води або пари в зону горіння.

Оптимізують технологічні засоби по мінімальній концентрації оксидів азоту на виході з котла за умови відсутності хімічного недопалу. У той же час слід врахувати обмеження по температурі газів з умови захисту холодних пакетів РВП від корозії та температурі перегріву пари при повністю закритих впорскувачах пароохолоджувача.

Перелік посилань:

1. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Малярєнко В.А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії.– К.: Політехніка.– 2003.– 228 с.

Магістрант 6 курсу, гр. ТС-71мн Ткаченко О.О.
Проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНИХ ЗОН ВАЛОПРОВОДУ ТУРБІНИ Т-250/300-240 ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО ПРОДОВЖЕННЯ РЕСУРСУ

Вирішення задачі продовження ресурсу турбіни на основі розрахункових оцінок напружено-деформованого стану роторів і корпусів передбачає наявність інформації про ті локальні зони, що визначають роботоздатність конструкції. Ще на стадії розробки шляхом повірочних розрахунків було визначено, що такими місцями турбіни Т-250/300-240 «УТМЗ» є високотемпературні зони роторів та корпусів, які в найбільшій мірі підвладні деформації повзучості; зони, в яких зміна напружень обумовлена великим перепадом температур по товщині деталі, що викликає малоциклову втому металу внаслідок зміни режиму роботи турбіни.

Досвід експлуатації показав, що ротори, які є найбільш напруженими елементами турбіни та лімітують її ресурс, мають високий запас міцності. Строк їх експлуатації перевищив початково назначений ресурс (100 тис. год), а потім і продовжений парковий (170-220 тис. год). Питання про подальше продовження ресурсу необхідно вирішувати в індивідуальному порядку в залежності від умов експлуатації [1].

Розрахункові та експериментальні данні свідчать про те, що основними причинами вичерпання ресурсу, як і передбачалося, є малоциклова втома та повзучість. Розточка роторів ЦВТ та ЦСТ-1 під першими двома ступенями, де температура металу досягає 500–525 °С, може покриватися мікротріщинами та порами внаслідок повзучості [2]. Для цієї зони вводиться додатковий критерій- величина залишкової деформації повзучості в окружному напрямі. Дослідження показали, що з врахуванням нових норм, які ослабили вимоги до величини залишкової деформації на поверхні осьового каналу, можна вважати, що досліджувана зона не створює небезпеки по цьому критерію до 400 тис. год. роботи. Відповідно ресурс турбіни буде лімітувати ротор ЦСТ-1, на розточці якого, при пусках з різних теплових станів через різницю температур, виникають тимчасові температурні напруження, які в 1,5–2 рази перевищують напруження на стаціонарному режимі роботи.

Крім високотемпературної зони осьового каналу в екстремальних умовах працюють ободи дисків в місцях кріплення лопаток перших ступеней роторів, на які впливає повзучість в зоні замкових з'єднань галтелі.

На прикладі блоку №4 ПАТ «Київська ТЕЦ-5» було показано, що найбільші напруження у ЦВТ виникають на початковому етапі пуску з холодного стану, а у ЦСТ-1 після синхронізації генератора та початку навантаження, що обмежує швидкість набору навантаження.

Перелік посилань:

1. Типовая инструкция по пуску из различных тепловых состояний и останову теплофикационного моноблока мощностью 250 МВт с турбиной Т-250/300-240 ТМЗ и газомазутными котлами. – М.: СПО СТЭ, 1980.
2. Ю.М. Мацевитый, Н.Г. Шульженко, П.П. Гонтаровский и др. Повышение энергоэффективности работы турбоустановок ТЭС и ТЭЦ путем модернизации, реконструкции и усовершенствования режимов их эксплуатации.

УДК 621.31

Студент 3 курсу, гр. ТС-61-2 Ткаченко А.В.
Асист. Шелешей Т.В.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗНИЖЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ В АТМОСФЕРУ В ЕНЕРГЕТИЧНІЙ ГАЛУЗІ

Передбачене Енергетичною стратегією України на період до 2030 року приєднання Об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України до системи UCTE потребує вирішення низки проблем в енергетиці країни. Одна з них – забезпечення рівнів викидів забруднюючих речовин в атмосферу тепловими електростанціями України на органічному паливі відповідно до вимог Європейського Союзу.

В тепловій енергетиці ЄС основним документом, який встановлює нормативи на викиди для спалюючих установок, є Директива 2001/80/ЄС Великих спалюючих установок. Ця директива націлена на зменшення закислення, приземного озону і твердих частинок шляхом контролю емісії діоксиду сірки (SO₂), окисів азоту (NO_x) і твердих частинок від великих спалюючих установок. Ця директива вводить обмежувальні рівні емісії для спалюючих установок понад 50 МВт теплової енергії на твердому, рідкому та газоподібному паливі з урахуванням передових технологій спалювання та зменшення викидів.

Основним нормативно-правовим документом щодо захисту атмосферного повітря в Україні є Закон України "Про охорону атмосферного повітря". Цей Закон спрямований на збереження та відновлення природного стану атмосферного повітря; створення сприятливих умов для життєдіяльності; забезпечення екологічної безпеки та запобігання шкідливому впливу атмосферного повітря на здоров'я людей і довкілля. Цим Законом визначаються правові та організаційні основи, а також екологічні вимоги в галузі охорони атмосферного повітря.

Для оцінки стану забруднення атмосферного повітря в Україні прийнято нормативи граничнодопустимих викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин, розміри яких встановлено наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України. Ці нормативи застосовуються як для діючих стаціонарних джерел, так і для тих, що проектуються, будуються чи модернізуються, і обмежують масову концентрацію забруднюючих речовин в організованих викидах стаціонарних джерел. У галузі енергетики нормативи гранично допустимих викидів забруднюючих речовин відповідно до наказу Міністерства охорони навколишнього природного середовища України застосовуються для теплоенергетичних установок, номінальна теплова потужність яких перевищує 50 МВт. При цьому градація нормативів за потужністю та віком теплоенергетичних установок, як це прийнято в Європейському Союзі, відсутня.

В Україні нормативні вимоги до концентрації забруднюючих речовин у димових газах теплоенергетичних установок майже так само суворі, як і в країнах Євросоюзу. Проте філософія введення та застосування таких нормативів на практиці в Україні та ЄС суттєво різняться.

Перелік посилань:

1. Костюковський Б.Л., Радченко О.Л, Шульженко С.В., Нечаєва Т.В., Біленко М.С., Максимець О.О. Проблема зниження викидів забруднювачів в атмосферу в тепловій енергетиці України в контексті інтеграції ОЕС України в UCTE // Проблеми загальної енергетики. - №15. – С.- 26-31.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ ГАЗОПОДІБНОГО ПАЛИВА

Особливе місце серед відомих конструкцій пальників займають пристрої, які реалізують технологію спалювання на основі системі стабілізаторів полум'я. В якості стабілізаторів в таких пальниках використовуються погано обтічні тіла, наприклад у вигляді циліндра, перфорованої поверхні, кутника або пластини.

Дослідження впливу геометричних та режимних параметрів стабілізаторів на характеристики процесу горіння потребує застосування певної методики вимірювань. Так, визначення температурних полів факелу за системою стабілізаторів за допомогою ТЕП без захисного кожуху та камери гальмування потребує врахування усіх можливих похибок, пов'язаних з вимірюваннями температури у високошвидкісному потоці газу.

Похибка, яка пов'язана з тепловим випромінюванням від спаю термопарі розраховується наступним чином:

$$\Delta T = \frac{\sigma \varepsilon_{men}}{\alpha_{men}} T_{men}^4 - T_c^4, \quad (1)$$

де: $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴) - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла; ε_{men} - коефіцієнт чорноти спаю ТЕП; α_{men} - коефіцієнт тепловіддачі від факела до спаю, Вт/(м²·К); T_{men} - температура робочого спаю, К; T_c - температура середовища в яке відбувається витікання суміші, К.

Оскільки вимірювання виконувались на режимах при неповному згорянні палива, що супроводжується покриттям королька ТЕП шаром сажі, то можна прийняти коефіцієнт чорноти спаю $\varepsilon_{men} \approx 1$. Слід зазначити, що в умовах недопалу збільшується похибка вимірювань.

Коефіцієнт тепловіддачі при обтіканні потоком робочого спаю ТЕП, який виконаний у формі кульки з діаметром королька $d_k = 0,8$ мм може бути обчислений за формулами:

$$\alpha_{men} = \frac{\lambda Nu}{d_k}; Nu = 0,216 Re^{0,62}, \quad (2)$$

де: число Рейнольдса обрховується $Re = W d_c / \nu$, а всі параметри потоку відносяться до точки вимірювання і визначаються за таблицями.

Оскільки швидкості потоку дозвукові, а робочий спай термопарі віднесений від державки датчика на відстань 25 мм (що становить приблизно 55 діаметрів термоелектричних проводів), то похибками за рахунок не повного гальмування потоку та похибкою від втрат тепла через термоелектроди можна знехтувати.

Враховуючи похибку калібрування та похибку, пов'язану з підключенням термопарі до схеми вимірювань, випадкова похибка склала 3 К. Рівень методичної похибки в сторону заниження температури складає 80 К. Таким чином, максимальне значення методичної похибки може складати 5 % від показів вторинних вимірювальних приладів і буде зменшено у випадку вимірювань параметрів потоку при нижчих значеннях швидкості та температури. Так, наприклад, при швидкості потоку 10 м/с та температурі 1000 К, методична похибка складає 30 К, що становить 3 % від вимірюваної величини [1].

Перелік посилань:

1. Сірий О.А., Абдулін М.З. Дослідження енергетичних показників струменево-нішевої системи спалювання палива Харків: НТУ «ХПІ», Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування, 2018, № 12(1288). с. 89–94

ПОТЕНЦІАЛ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Україна має певний потенціал розвитку геотермальної енергетики. За даними Інституту відновлюваної енергетики НАН України, 7 центральних і західних областей мають геотермальний енергетичний потенціал в 6–7 млрд.кВт-год на рік кожна. Технічно досяжний геотермальний потенціал оцінюється по регіонах країни в млн.кВт-год на рік так в: Харківській області – 7350, Полтавській – 7139, Херсонській – 7049, Сумській – 6976, Закарпатській – 6919, Львівській – 6439 і Рівненській – 6024. Але в нашій країні відкритих геотермальних джерел немає, а представлені цифри, вдвічі перевищують сучасне виробництво електроенергії всім світовим сектором геотермальної енергетики.

Розраховуючи кількість обсягів споживання низькотемпературних геотермальних ресурсів різних регіонів України потрібно враховувати, що інтенсивна їхня експлуатація може призвести до пониження температур ґрунтових масивів і їх швидкого виснаження. Ми повинні підтримувати рівень експлуатації геотермальної енергії не завдаючи шкоди навколишньому середовищу.

У наш час біля Ужгорода працює підземна циркуляційна система на свердловині з температурою +124 °С глибиною 2,3 км, обігрівача тваринницькі комплекси і теплиці. Але в Україні поки немає геотермальних станцій, що працюють за принципом замкнутого контуру. На сьогоднішній день Верховна Рада внесла теплові насоси в список обладнання, що використовується в технологіях з поновлюваними джерелами енергії і, відповідно, при ввезенні в Україну звільняється від ПДВ (податку на додану вартість), а підприємства, що виробляють «зелену» енергію – від податку на прибуток. На даний момент Україна не запроваджує ідею геотермальної енергетики в повному обсязі, так як це потребує великих капіталовкладень.

Геотермальні електростанції мають багато переваг:

- Відносно екологічно чисті (геотермальних використовується відновлюване джерело тепла, кількість викидів парникового газу від ГеоТЕС становить всього 5% від того, що виділяють вугільні електростанції).
- Відновлюване джерело з постійним енергопостачанням, велика кількість енергії (енергетична безпека), стабільні ціни та низькі експлуатаційні витрати.
 - Незначна площа, малозумна робота.
- Недоліки ГеоТЕС:
 - Екологічна проблема (в рідині можуть міститись токсичні речовини).
 - Географічні обмеження; сейсмічна нестабільність (є підстави вважати, що геотермальні споруди за певних умов, можуть викликати підземні поштовхи).
 - Дороге будівництво.
 - Можливе вичерпання.

Перелік посилань:

1. Геотермальний план розвитку / Андрей Конеченков // – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://oilreview.kiev.ua/2016/03/05/geothermalnyj-plan-razvitiya/>
2. Геотермальна енергія // – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://saee.gov.ua/ae/geoenergy>
3. В Украине можно заместить геотермальной энергией 10 млрд кубометров газа // – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://elektrovesti.net/51477_v-ukraine-mozhno-zamestit-geotermalnoy-energiey-10-mlrd-kubometrov-gaza

УДК 621.82

Студент 3 курсу, гр. ТС-61 Фершал А.М.
Асист. Шелешей Т.В.

ОГЛЯД ПЕРСПЕКТИВ ВПРОВАДЖЕННЯ ТУРБОДЕТАНДЕРНИХ УСТАНОВОК

До зниження енергоємності і до зниження собівартості продукції призводить безперервне зростання видатків промислових підприємств на енергопостачання своїх виробництв. Виходячи з цього з'являється постійна залежність від сторонніх виробників електроенергії, і це призводить до необхідності нарощування власних генеруючих потужностей, які виробляють дешеву електроенергію, і так само вживати заходів щодо підвищення ефективності роботи власних енергосистем.

Рационально використовувати енергію надлишкового перепаду тиску природного газу. Це можна зробити завдяки турбодетандерної технології.

У Москві на ТОВ «ТурбоДЕН» випущені турбодетандерні агрегати ЕТДА потужністю 1500, 2500, 4000 і 6000 кВт. Вони призначені для вироблення електроенергії на газоредукційних пунктах (ГРП) промислових підприємств.

Оцінка економічної ефективності турбодетандерної установки потужністю 1500 кВт - ЕТДУ-1500 (8000 год / рік, 12 млн кВт·г/рік):

- 1) Інвестиційні вкладення в основне обладнання;
- 2) Інвестиційні вкладення в будівлі і споруди;
- 3) Інші інвестиційні вкладення.

Вироблена електроенергія йде на внутрішнє споживання підприємства.

У розрахунку економічної ефективності проекту визначалися наступні показники (Табл. 1):

Таблиця 1 – Основні показники оцінки ефективності проекту

Показники оцінки ефективності	Значення
Чистий приведений дохід, дол. США	1 634 839,46
Індекс (коефіцієнт доходу)	3,30
Період окупності дисконтований, рік	3,69
Внутрішня ставка доходу, %	33,18

Виходячи з розрахунків, проект економічно вигідний і принесе підприємству прибуток в розмірі приблизно 1 600 000 дол. США. Чистий грошовий потік на 230% перевищить обсяг інвестиційних вкладень. Для відшкодування вкладень в проект інвестицій становить 3,69 року з дня введення в експлуатацію.

В результаті досліджень було встановлено, що реалізація проекту забезпечує високу ефективність зміни техніко-економічних параметрів та умов функціонування, що і призводить до підвищення ефективності роботи енергетичної системи підприємства.

Перелік посилань:

1. Малханов В.П. «Турбодетандерні агрегати в системах підготовки та розподілу природного газу». – М.: Нафта і газ, 2004. – 226 с.
2. Бланк І.А. Управління інвестиціями підприємства. – К.: Ніка-Центр, Ельга, 2003. – 480 с.

УДК 621.22

Магістрант 5 курсу, гр. ОТ-81мп Фіцай М.М.
Доц., к.т.н. Шкляр В.І., доц., к.т.н. Дубровська В.В.

ВИРОБНИЦТВО ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА МАЛИХ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАЦІЯХ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Закарпатська область є найбільш привабливою в західній Україні для впровадження об'єктів відновлюваної енергетики.

Максимально доречним є будівництво малих дериваційних об'єктів гідроенергетики в гірських районах де спостерігається швидкий потік гірської річки. Потік рухаються внаслідок перепаду висот та дає змогу використовувати природний напір води, не створюючи при цьому загрози навколишньому середовищу до якого призводить будівництво греблі в якій накопичується вода. Деривація річки забирає лише частину води яка підводиться до гідравлічних споруд та дотримуються санітарного пропуску води який забезпечує нормальні умови розвитку водних організмів.

За об'єктом дослідження була взята дериваційна Міні-ГЕС «Брустуриянка 1» яка входить до каскадної системи потужністю 996 кВт з використанням поворотно-лопатевої турбіни. Направляючий апарат осевих турбін, залежності від поданої витрати води на турбіну – регулює потужність.

В процесі деривації запроектований залізобетонний відвідний канал, по довжині 22 метри та шириною від 3 до 8 метрів. Рівень води в нижньому б'єфі на рівні 542,95 метрів.

Характеристика міні-ГЕС:

Довжина деривації	–	750 м.
Діаметр трубопроводу	–	2,4 м.
Напір бруто	–	16,5 м.
Максимальна витрата	–	7,8 м ³ /с.

Тип турбіни – «Каплан» з подвійною регуляцією (Geppert, EN-CO, Італія).

У рік роботи станція виробляє близько 5,2 млн. кВт·год., що забезпечує річну потребу електроенергії біля 2000 домогосподарств.

Перелік посилань:

1. Сидорчук О. В. Особливості ідентифікації конфігурації проектів каскаду малих дериваційних гідроелектростанцій в умовах стохастичного середовища / Східний-Європейський журнал передових технологій. - 2010. - № 1(2). - С. 40-42.

2. Крисенков М., Добровольський В., Веремчук А. Енергетичне використання малих річок Карпатського регіону України в сучасних умовах. Нетрадиційні енергоресурси та екологія України. – К.: Манускрипт, 1996. – С. 37–46.

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕСУРСНИХ ПОКАЗНИКІВ РОТОРУ ВИСОКОГО ТИСКУ ПЕРШОГО ЕНЕРГОБЛОКУ ХАРКІВСЬКОЇ ТЕЦ-5

Вступ. Розвиток централізованого теплопостачання у великих містах вимагає проведення оцінки індивідуального ресурсу кожного теплофікаційного енергоблоку після досягнення ним паркового ресурсу.

Матеріали і методи. Чисельне дослідження теплового та напружено-деформованого стану ротору високого тиску з використанням сучасних методів математичного моделювання, які базуються на основних положеннях нестационарної теплопровідності та механіки твердих тіл, з використанням чисельних методів вирішення задач математичної фізики та розрахункових методів інженерного аналізу.

Результати. Проведено оцінку і прогнозування залишкового ресурсу на базі тривимірних аналогів для ротору високого тиску парової турбіни Т-100/120-130 енергоблоку № 1 ПАТ «Харківська ТЕЦ-5» з експериментально отриманими коефіцієнтами запасу міцності металу, а також з урахуванням реальних умов експлуатації. На геометричній моделі виконано побудову всіх поверхонь ротору, включаючи галтелі та радіусні переходи дисків ступенів, розвантажувальних отворів, хвостових кріплень та колодязів під заведення робочих лопаток та повної геометрії кінцевих та діафрагмових ущільнень.

При розрахунку теплового стану вирішувалась крайова задача нестационарної теплопровідності основного металу в такому виді:

$$\operatorname{div} [\lambda(T) \cdot \operatorname{grad}(T)] = c(T) \cdot \gamma(T) \cdot (dT/d\tau)$$

де λ , c , γ – функції температури і координати при початковій умові $T_0 = T(x, y, z, 0) = f_0(x, y, z)$ і граничних умовах I, II, III, IV роду.

Напружено-деформований стан визначався з врахуванням сумісної дії температурних напружень, зусиль від нерівномірності температурних полів, тиску пари, відцентрових зусиль обертання та реакції опор у підшипниках. Отримані дані дозволили встановити зони концентрації напружень: осьова розточка в області регулюючого ступеня (РС), галтелі та радіусні переходи РС і нерегулюючих ступенів, а також термокомпенсаційні канавки кінцевих та проміжних ущільнень. Загальний рівень напружень на номінальному режимі роботи не перевищує $\sigma_i = 102,8$ МПа та $\sigma_i = 250,1$ МПа – на змінних режимах.

На наступному етапі було встановлено допустиме число циклів роботи на змінних режимах з використанням експериментальних кривих малоциклової втомлюваності для сталі 25ХМФА [1].

Висновки. За результатами розрахунку ресурсних показників основного металу встановлено, що статична пошкоджуваність складає $P_{ст} = 34,7$ %, циклічна – $P_{ц} = 33,9$ %. Таким чином, залишковий ресурс РВТ встановлюється на рівні 92000 год при допустимому залишковому числу пусків – 558 в найбільш консервативному випадку.

Перелік посилань:

1. РТМ 108.021.103. Детали паровых стационарных турбин. Расчёт на малоцикловую усталость [Текст]. – М., 1985. – № АЗ-002/7382. – 49 с.
2. РД 34.17.440-96. Методические указания о порядке проведения работ при оценке индивидуального ресурса паровых турбин и продлении срока их эксплуатации сверх паркового ресурса [Текст]. – М., 1996. – 98 с.

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ГЕЛІОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

Використання традиційних джерел енергії спричиняє все більше запитань відносно перспектив їх економічної ефективності, швидкості виснаження природних ресурсів та ризиків екологічного характеру. В свою чергу, все більше надій покладається на відновлювані джерела енергії, технологічні зусилля в розвитку яких мають забезпечити необхідні безпеку, стабільність та економічну вигоду. За даними Міжнародного енергетичного агентства у 2009 році сукупна світова державна підтримка «зеленої» енергетики і біопаливних програм становила 57 млрд дол. США, зокрема 37 млрд дол. США витрачено на наукові розробки. До 2035 року загальна сума коштів зросте до 205 млрд дол. США, або 0,17 % світового ВВП, з яких 63 % буде витрачено на відновлювану енергетику та 37 % – на біопаливо. Вже у 2000 році «зелені» тарифи працювали в 14 країнах, у 2005 році – у 37, причому не лише в західних країнах, а і в Китаї, Індії, Бразилії, Південній Кореї. Наразі цей механізм застосовується більш ніж у 50 державах світу. Політика підтримки «зеленої» енергетики передбачає чіткі цілі і часові рамки. Країни G8 мають зобов'язання скоротити світові викиди парникових газів вдвічі до 2050 року, а країни ЄС – планують до 2020 року довести частку відновлюваних джерел енергії в енергобалансі до 20 %.

Однією з найбільш перспективних в сфері відновлювальної енергетики вважається сонячна енергетика, адже деякі розрахунки показують, що до 2030 року частка сонячної енергії в енергобалансі України може досягти 10 %. Тим більше, що за останні 7 років собівартість виробництва приладів генерації сонячної енергії у світі знизилася утричі, тобто спостерігається стала тенденція до зниження її собівартості. Зокрема, підгалузь сонячної енергетики, яка використовує технології фотоелектричного перетворення – фотовольтаїка – демонструє швидке падіння цін на обладнання та зниження собівартості.

Обізнаність громадськості з перевагами, недоліками та перспективами впровадження відновлюваних джерел енергії, в тому числі фотовольтаїки, та застосування «зелених» тарифів залишається низькою. Тому і зацікавленість споживачів, яка життєво необхідна для розвитку внутрішнього ринку, також не є достатньою. Кліматологічні фактори, що впливають на ефективність вироблення енергії сонячними модулями на території України, такі як розподілення обсягів сонячної інсоляції, температура навколишнього середовища та швидкість вітру, є відомими. Також доступна інформація про технологічні та фінансові параметри існуючої технологічної бази обладнання для фотоелектричної генерації. З урахуванням кліматологічної інформації про розподілення обсягів сонячної інсоляції на території України та існуючої технологічної бази фотоелектричної генерації електроенергії, можуть бути виконані оціночні розрахунки ефективності впровадження фотоелектричних електростанцій по областях України, як вихідна інформація для прогнозування доцільних обсягів впровадження технологій, що базуються на використанні відновлюваних джерел енергії. Порівнювальний розрахунок можливих обсягів видачі в мережу енергії від фотоелектричних електростанцій для кожної з областей України дає уявлення про ефективність використання фотоелектричних технологій для генерації електроенергії.

Перелік посилань:

В.А. Денисов, Н.П.Іваненко, Л.В. Чуприна Оцінки собівартості та можливих обсягів виробництва електроенергії сонячними електростанціями в Україні// Проблеми загальної енергетики. – 2012. - №3(30). – с.45-52

ТЕРМОНАПРУЖЕНИЙ СТАН БАРАБАНАУ ПАРОГЕНЕРАТОРА ТП-100

Основна маса барабанів котлів ТП-100, встановлених на енергоблоках потужністю 200 МВт ТЕС України, перевищила парковий ресурс, відпрацювавши 240-315 тисяч годин. Парковий ресурс барабанів встановлений в залежності від марки сталі, конструктивних і експлуатаційних особливостей. Для одно- і двобарабанних котлів високого тиску виготовлених зі сталі 16ГНМ він становить 200-250 тисяч годин, а зі сталі 16ГНМА - 250-300 тисяч годин [1].

Тому, актуальним є визначення теплового і термонапруженого стану корпусів барабанів на різних режимах роботи котла, оцінка його залишкового ресурсу та обґрунтування можливості подовження залишкового напрацювання.

Аналіз пружно-пластичного стану найбільш напружених зон барабанів котлів ТП-100 показує наявність пластичних деформацій в зонах концентрації напружень. Так як барабани не відчувають знакозмінного навантаження, то при повторних навантаженнях матиме місце пристосовність матеріалу без накопичення пошкоджень від малоциклової втоми. Тому ресурс корпусів барабанів котлів ТП-100 не лімітується низьким показником циклової втоми, пластичністю і іншими характеристиками міцності.

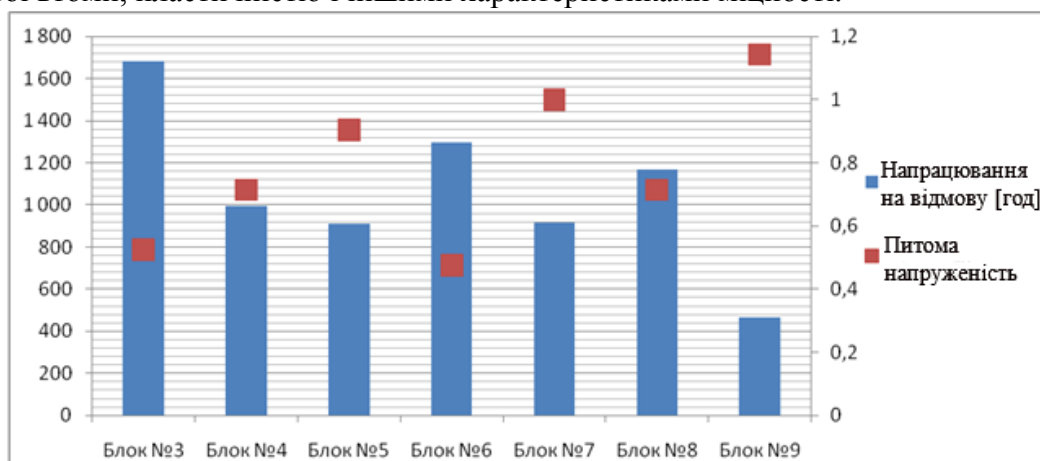


Рисунок 1 – Діаграма розподілу напрацювань на відмову і питомих пошкоджень на одиницю обладнання

На основі інформації про режими експлуатації котлів на ТЕС (котел ТП-100) виконані розрахункові дослідження граничних умов теплообміну, теплового та термонапруженого станів барабанів котлів ТП-100 при пусках з холодного, неостиглого і гарячого станів, виходу на стаціонарний режим і охолодженні. Розглянуті режими є експлуатаційними для барабанів котлів ТП-100 блоків № 1–6 Зміївської ТЕС.

Встановлено, що максимальні напруження виникають при виході на стаціонарний режим і визначаються в основному тиском всередині барабана. Проведено оцінку напруг в місцях концентрації в циліндричній частині барабанів, де концентраторами напружень є круглі отвори для підвідних і відвідних патрубків. У циліндричній зоні барабанів котлів ТП-100 встановлено максимальні пружні напруження з урахуванням концентрації напруг нижче межі текучості для корпусу барабана котла ТП-100.

Перелік посилань:

1. Гринь Е.А. Анализ состояния парка барабанов котлов высокого давления ТЭС в России / Е.А. Гринь, А.В.Зеленский, А.Е. Анохин //Электрические станции. – 2009. – № 3. – С. 32-39.

УДК 504.3.054

Студент 4 курсу, гр. ТС-51 Чмільов М.В.

Доц., к.т.н. Сірий О.А.

ЗАСОБИ ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ТЕС

Забруднення повітряного басейну об'єктами теплоелектроенергетики пов'язано в основному з викидами димових газів, що утворюються при спалюванні органічного палива в котлах електростанцій. У зв'язку з цим для зниження шкідливого впливу енергетики на повітряний басейн може бути використано як мінімум три шляхи:

1. Зниження обсягу шкідливих викидів в атмосферу в першу чергу може бути забезпечено за рахунок скорочення кількості та поліпшення якості палива, що спалюється. Глобальним напрямком в цій галузі є всебічне підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД) електростанцій і відповідного зниження питомих витрат палива.

2. Для охорони повітряного басейну найбільш важливими є заходи, що скорочують викиди з димовими газами електростанцій твердих частинок (золи), оксидів сірки і азоту. Кількість летючого попелу, що викидається в атмосферу енергетичними установками, визначається ефективністю очищення газів у золоуловлювачах, що встановлюються за котлами. Найбільш дешеві мокрі золоуловлювачі. Ними оснащена значна частина електростанцій країни. Такі апарати компактні, надійні, забезпечують високу степінь очищення газів – 95–97%. Найбільш надійні і зручні в експлуатації сухі інерційні золоуловлювачі. Однак їх застосування обмежується порівняно низькою ефективністю, особливо для дрібнодисперсних часток. Більшість золоуловлювачів вибірково вловлюють відносно великі фракції золи, тоді як саме в дрібних фракціях концентруються важкі метали та інші токсичні компоненти. Щодо дисперсного складу, зола певною мірою копіює вугільний пил, і тому ступінь помелу вугілля безпосередньо впливає на очистку газу, так як велика зола краще вловлюється. Таким чином, вже на етапі підготовки палива можна передбачати заходи, що забезпечують зниження викиду золи. Існує велика кількість методів очистки димових газів від SO_2 , заснованих на селективному поглинанні сірки різними сполуками. Найбільш економічні мокрі способи очищення мають один суттєвий недолік – погіршують здатність димових газів розсіюватися, в результаті чого концентрація SO_2 в приземному шарі електростанції, незважаючи на очистку, виявляється вище допустимих норм.

3. Розсіювання шкідливих речовин в атмосфері. Концентрація шкідливих речовин в приземному шарі атмосфери залежить не тільки від обсягу шкідливих викидів, але і від кліматичних і метеорологічних умов місцевості, а також від конструкції димаря. За даних природних умов і об'єму викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище рівень їх концентрації залежить в першу чергу від висоти димаря (концентрація обернено пропорційна квадрату висоти). У зв'язку з цим зростання вимог до охорони повітряного басейну при інших рівних умовах веде до необхідності збільшення висоти димових труб, найбільш високі з яких в даний час перевищили 400 м.

Перелік посилань :

1. https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/stepanov_kotelniustanov/p10.html
2. <http://biofile.ru/bio/22330.html>
3. Няшина Г.С. Дослідження способів зниження впливу теплових електричних станцій на навколишнє середовище. 2018 рік. 30-36 стр.

ОГЛЯД СТРУКТУРНИХ МОДЕЛЕЙ ЕНЕРГОБЛОКІВ ТЕС В РІЗНИХ АСПЕКТАХ

Теплова електрична станція як елемент електроенергетичного комплексу становить доволі складну технічну систему, робота якої підпорядкована багатьом функціональним і природоохоронним критеріям. Теплова електрична станція становить складну технічну систему. Окрім основного призначення робота ТЕС має задовольняти багатьом критеріям маневреності і режимної керованості. Створення адекватних моделей функціонування теплових електростанцій - один із ключових моментів прогнозування розвитку електроенергетики. Теплові електричні станції є одними з основних забруднювачів атмосферного повітря, а також є одними з основних споживачів водних ресурсів і водночас – забруднювачі води хімічними речовинами.

Сучасні методи оптимального планування розвитку теплової енергетики характеризуються зосередженістю на суто технологічних факторах. Існуючий підхід до оцінки ТЕС лише на підставі норм ПДВ і ПДК є недостатнім. Моделі розвитку теплової енергетики базуються на розгляді технічних об'єктів як органічних елементів природного середовища. Органічний елемент має задовольняти умовам гармонійної взаємодії з іншими його об'єктами.

Для докладного аналізу ТЕС доцільно застосувати міжнародний системний підхід до розглядання технічних енергетичних систем. Технічна енергетична система (СЕТ) – це комбінація обладнання та об'єкта, які взаємодіють один із одним для роботи з енергопродуктом. Енергопродуктами є паливо, електроенергія і тепло. В якості СЕТ можна представити галузь паливно-енергетичного комплексу, окрему електростанцію, енергоблок чи установку. Для розроблення їх універсальних структур було проаналізовано функціонування усіх їхніх підсистем. Для опису будь-якої СЕТ використовується елементарна формалізована модель "вхід-вихід". Вона дає можливість визначити енергопродукти, допоміжні матеріали та послуги, трудові ресурси тощо для забезпечення нормальної роботи СЕТ. Для детального описування СЕТ використано елементарну модель "вхід-вихід" (I – O), за якою уже визначені входи і виходи можна проаналізувати за двома осями, які відображають технічні, економічні та екологічні аспекти.

Детальний аналіз структури наявних енергоблоків ТЕС дозволяє розробити відповідні структури ТЕС, які показують потоки енергопродуктів, взаємозв'язок з природою та техніко-економічний аспект їх функціонування. Розглянуто узагальнені структурні моделі енергоблоків і теплових електростанцій, які відображають потоки використовуваних палив, виробленої електроенергії та теплової енергії, впливи ТЕС на довкілля. Встановлено основне технологічне та допоміжне обладнання, необхідні матеріали, економічні та фінансові питання, пов'язані з їх роботою. Ці моделі призначені для подальшого опису кожного реального енергоблоку чи реальної теплової електростанції.

Перелік посилань:

1. Мелентьев Л.А. Оптимизация развития и управления больших систем энергетики: Учебник для вузов. – М.: Высш. Шк., 1976. – 334с.
2. Дубовський С.В., Стоянова І.І., Соколовська І.С. Нормативно-технічне забезпечення паливно-енергетичного комплексу на міждержавному рівні // Проблеми загальної енергетики, 2002. – №6. – С. 17–23.

ДОСЛІДЖЕННЯ МАСООБМІННИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМБІНОВАНОГО НІШЕВО-СТАБІЛІЗАТОРНОГО ПРИСТРОЮ

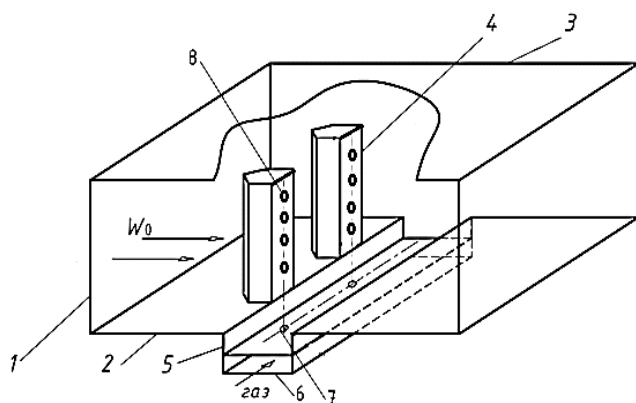
В народному господарстві необхідні пальникові пристрої, що призначені для спалювання різних видів газоподібних палив при комбінованому розподілу газів і загальному підведенню повітря, і можуть бути використані в теплоенергетиці, в металургійній та хімічній промисловості, в газотурбінних установках, теплових агрегатах різного призначення, де необхідним є надійне запалювання факелу, стала робота, висока інтенсивність та повнота згоряння, а також низькі викиди токсичних оксидів азоту при спалюванні альтернативних газових палив різного та змінного складу типу шахтного метану, доменного газу, біогазу, генераторного газу тощо, кількісний склад яких і теплотворна спроможність змінюється в залежності від місця використання і часу експлуатації.

Зазвичай, недоліком існуючих пальникових пристроїв для спалювання різних газів є те, що подача додаткового палива здійснюється у вихідному перетині пальника струменями, супутніми повітряному потоку, який обтікає стабілізатор, що призводить до затягування процесу сумішоутворення додаткового палива з окисником і виходу значної частини додаткового палива в топковий простір. Внаслідок цього, процес горіння додаткового палива відбувається у топковому просторі, що та призводить до збільшення довжини факелу і зменшення повноти горіння палива. Крім того, процес горіння додаткового палива стає неможливим у разі виходу вмісту горючих складових в паливі за межі запалювання і горіння.[1]

В основу моделі (рис. 1) поставлено задачу створити такий пальниковий пристрій, який забезпечить можливість спалювання газових палив різного походження і змінного складу в широкому діапазоні концентрацій горючих у паливі шляхом пропуску струменів низькокалорійного газу змінного складу через високотемпературні факели висококалорійного палива, що підвищить сталість факелу, інтенсивність та ефективність горіння палива, забезпечить надійність роботи пальника, скоротить довжину факелу та

покращить техніко-економічні показники енергетичного обладнання в цілому.

Рисунок 1 – Пальниковий пристрій для комбінованого спалювання альтернативних газових палив



- 1 – корпус пальника;
- 2, 3 – нижня і верхня стінки;
- 4 – стабілізатор;
- 5 – нішеве поглиблення;
- 6 – газовий колектор;
- 7 – отвори подачі високо реакційного

газу;

8 – отвори подачі альтернативного газу

Перелік посилань

1. Христин В.А. Горелочные устройства для сжигания газа при высоких и переменных избытках воздуха / В.А. Христин, Г.Н. Любчик // ВНИИПРОМГАЗ, 1978. – 25с.

СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БІОПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В УКРАЇНІ

Сьогодні, як ніколи, є актуальними питання енергозабезпечення, раціонального використання природних ресурсів та збереження довкілля. Саме екологічні біотехнології, як технології, що базуються на використанні законів розвитку живої природи, можуть стати одним з тих засобів, завдяки яким людство має зменшити техногенне навантаження на біосферу, підтримати безпечні умови свого існування та отримати в достатній кількості енергію принципово нового походження. Сучасні перетворювачі хімічної енергії в електричну у вигляді паливних елементів та інших подібних пристроїв іще не в змозі задовольнити техніку ХХІ сторіччя, але можна стверджувати з високою вірогідністю, що вони вказують нам принципову можливість вирішення енергетичних проблем. Перетворення енергії в біологічних системах з її електрохімічним чи біоелектрохімічним перетворенням у рукотворному паливному чи біопаливному елементі (БПЕ) є перспективним у вирішенні енергетичних проблем. Особливу зацікавленість становлять мікробні паливні елементи (МПЕ) – різновид біопаливних елементів, в яких відбувається генерування електричної енергії при утилізації органічних сполук бактеріями. Біопаливні елементи здатні вирішувати окрім енергетичних і екологічні проблеми переробки відходів, адже мікроорганізми мають здатність адаптуватись до навколишнього середовища. Нагальна потреба утилізації та раціонального використання відходів органічного походження, а також інтенсивний пошук альтернативних джерел енергії, є важливим стимулом до широкомасштабних досліджень у галузі БПЕ. Біоелектрохімічний спосіб одержання енергоносіїв, який може бути реалізований в БПЕ, є абсолютно новим трендом для виробництва відновлюваної енергії з одночасним очищенням стічних вод. Електрони переносяться на катод, виконуючи при цьому корисну роботу, де вони з'єднуються з киснем і протонами з подальшим утворенням води. Такий процес відбувається в традиційних МПЕ.

Принципово новим напрямком у розвитку мікробних паливних елементів є фотоелектрохімічні мікробні паливні елементи (ФМПЕ). Такий пристрій визначає собою ПЕ, у якому анод колонізований мікроорганізмами, які мають здатність до електрогенезу, а катод виготовлений з напівпровідника *p*-типу і є активним при опроміненні сонячним світлом. Подальший розвиток досліджень у цій галузі саме в Україні можливий за умови тісної співпраці фахівців з мікробіології, електрохімії, біотехнології та технологій водоочищення при достатньому фінансуванні. Багатообіцяючою є концепція БПЕ, за використання яких колосально розширюється спектр палива, що може бути спожите. Мікробні паливні елементи, які працюють на забруднених водах, в яких як окисник використовується розчинений кисень повітря, а органічні домішки як паливо, дадуть змогу одночасно вирішити дві важливі для України проблеми – енергозабезпечення та охорони довкілля.

Нагальна потреба утилізації та раціонального використання відходів органічного походження, а також інтенсивний пошук альтернативних джерел енергії, є важливим стимулом до широкомасштабних досліджень у галузі БПЕ. Особливо необхідно наголосити, що їх окупність буде визначатись не тільки напрацьованою електроенергією, але й витратами на очищення стоків.

Перелік посилань:

1. Є.В. Кузьмінський. Біопаливні елементи. Сучасний стан і перспективи розвитку в Україні / Є.В. Кузьмінський, К.О. Щурська // Відновлювана енергетика. – 2018. – №1. – С. 91–96.

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Як відомо, Україна належить до країн, тільки частково забезпечених власними енергоресурсами. Її енергетична залежність від імпортованих поставок органічного палива з урахуванням умовно первинної ядерної енергії упродовж 2000—2004 років становила понад 60% від загальних обсягів використовуваного палива. Імпортується здебільшого природний газ, світова ціна якого зростає і, на думку фахівців, зростатиме у найближчому майбутньому (до 600 дол. США за 1000 м³ у 2015 р.).

На сучасному етапі однією з основних проблем економіки України є висока енергоємність ВВП (0,89 кг у.п. — умовного палива) на 1 дол. США виробленої продукції). Це у три–п'ять разів перевищує показники розвинених країн.

Внаслідок надмірної енергоємності основних галузей промисловості, орієнтованих здебільшого на експорт (передовсім металургії та хімії), значна частина валютних надходжень спрямовується на оплату імпортованих енергоресурсів. Такий показник енергоємності об'єктивно знижує конкурентоспроможність вітчизняного виробництва і лягає важким тягарем на національну економіку. За існуючих показників енергоємності ВВП та інтенсивного розвитку економіки обсяги споживання енергоресурсів стануть такими, що не буде змоги задовольнити попит на них. Тому енергозбереження та ефективність енергоспоживання мають розглядатись як найважливіший додатковий енергоресурс України, не менш вагомий, ніж нафта і газ. Енергозбереження — це також найоптимальніший спосіб зниження техногенного навантаження на довкілля.

Світовий досвід підтверджує, що витрати коштів на енергозберігальні заходи в 2,5—3 рази ефективніші, ніж вкладання їх у будівництво нових енергогенеруючих потужностей. Тому в умовах інвестиційних обмежень енергоощадливий шлях розвитку економіки є найбільш раціональним.

Динаміка підвищення енергетичної ефективності національної економіки визначається її структурною перебудовою і технологічним прогресом. Структурний фактор відображає вплив структурних змін у галузевій або міжгалузевій діяльності на обсяги споживання палива та енергії, а технологічний — вплив технологічного стану та рівня обладнання на обсяги споживання енергоресурсів у процесі виробництва продукції (послуг). Структурна складова потенціалу енергозбереження може компенсувати близько 40% необхідного зростання енерговикористання, а технологічна (технічна) — майже 60%. Для широкомасштабного впровадження енергоефективних технологій у різні сектори вітчизняної економіки слід переглянути існуючі та розробити нові законодавчоправові акти, які б дали можливість задіяти інвестиційні, цінові, податкові та інші механізми стимулювання освоєння енергоефективних технологій і обладнання, зокрема для реалізації загальнонаціональної та регіональної політики ефективного використання енергоресурсів.

Перелік посилань:

1. Б.С. Стогній, В.А. Жовтянський Енергозбереження та енергетична безпека України// Проблеми загальної енергетики №12. – 2005. – с. 7-14

ДО ПИТАННЯ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА ОСНОВІ ВДЕ В УКРАЇНІ

Важливим з точки зору розвитку світового ринку є ринок електромобілів, які не забруднюють навколишнє середовище. У 2015 році загальноєвропейські продажі автомобілів з електроприводами склали 192,5 тис. одиниць. І з кожним роком кількість проданих електромобілів зростає з небаченою швидкістю.

Такі швидкі темпи приросту ставлять актуальне питання будівництва заправних станцій для електромобілів. Робота таких станцій від централізованих мереж у нічний період сприятливо впливатиме на графік навантаження енергосистеми, однак робота станцій у пікові періоди негативно відобразиться на роботі мережі в цілому. Одним із варіантів покращення роботи централізованої енергосистеми є використання в якості джерела живлення установки, які працюють на основі відновлюваних джерел.

Цей варіант має багато переваг:

- збільшення кількості зарядних станцій, які не будуть впливати на центральну енергосистему;
- підвищення показника використання енергетичного потенціалу ВДЕ;
- значно покращує екологічну ситуацію місцевості, де рухаються електричні транспорт.

В Україні розвиток відновлюваної енергетики та електротранспорту значно відстає від світових тенденцій, що пояснюються економічною та суспільно-політичною ситуацією в країні. Згідно офіційних даних кожного року кількість ввезених електромобілів в Україну зростає на кілька сотен, наприклад у 2015 році було ввезено 731, а вже в 2016 – 1550 одиниць. Для заохочення купівлі електромобілів було ухвалено закон про нульову ставку ввізного мита на автомобілі, оснащенні електродвигуном. Хоча на сьогоднішній день варіант використання відновлюваних джерел не розкритий повністю, вже існують автозаправки на яких можна не тільки заправити авто паливом, а поставити на «швидкий» заряд свій електромобіль. Також в Україні почали з'являтися заправки зі встановленими на дахах сонячними панелями, які забезпечують достатньо невелику вартість заряду, якщо порівнювати з цінами на паливо. Згідно досліджень в 2016 році в Києві було 4 пункти заряду, а станом на 2018 кількість пунктів зросла до 300 по всій країні, 100 з яких розташовані у Києві та в сусідніх областях. При чому на більшості з яких, встановлені фотоелектричні панелі, що підтверджує розвиток цієї галузі в Україні.

Підсумовуючи вище наведені факти, можна зазначити, що Україна має високий енергетичний потенціал вітру та Сонця, але достатньо не великий рівень розвитку цього напрямку, що пояснюється різноплановим впливом на роботу електричних мереж, які змінюються залежно від потужності, типу та розташування на місцевості. Але в той же момент враховуючи стрімкий розвиток електромобілів та позитивного світового досвіду встановлення пунктів ВДЕ, визначає необхідність розвитку інфраструктури зарядних станцій на основі відновлюваних джерел.

Перелік посилань:

1. В.И.Будько. Анализ целесообразности внедрения зарядных станций электромобилей на основе возобновляемых источников энергии в Украине / В.И.Будько // Відновлювана енергетика. 2016. № 4 – С. 32-41.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ПАРА В РЕГУЛИРОВОЧНОМ КЛАПАНЕ ТУРБИНЫ

Регулировочный клапан устройство для регулирования давления, уровня, расхода и др. параметров. Устанавливается на магистральных и технологических трубопроводах, резервуарах, аппаратах и т.п. Он состоит из трех клапанов, которые выполнены в одном корпусе, двух регулировочных и стопорного.

Для вычисления использовалась математическая модель потока пара, в программном комплексе ANSYS/CFX. В её основе лежат осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса движение вязкой несжимаемой жидкости с учетом теплопередачи. Они представляются уравнениями неразрывности, изменения количества движения и уравнением полной энергии.

Для моделирования процессов турбулентности и описания пограничного слоя на поверхности корпуса применяется (одна из используемых в ANSYS/CFX) полуэмпирическая модель $k-\omega$ SST Ментера. Модель SST, комбинируя достоинства классических моделей « $k-\epsilon$ » и « $k-\omega$ » обеспечивают достаточную точность результатов и эффективную сходимость итерационного процесса даже при относительно грубых сетках и умеренном разрешении пограничного слоя. [1]

Расчет выполнялся для стационарного процесса, соответствующего мощности турбины 310 МВт. В результате определялись линии тока пара, температуры корпуса и давление на его стенках. В сечении Z (Рис. 1) представлено распределение скоростей пара в камере, где установлено сито. Следует отметить неравномерность скорости потока по его высоте. [2]

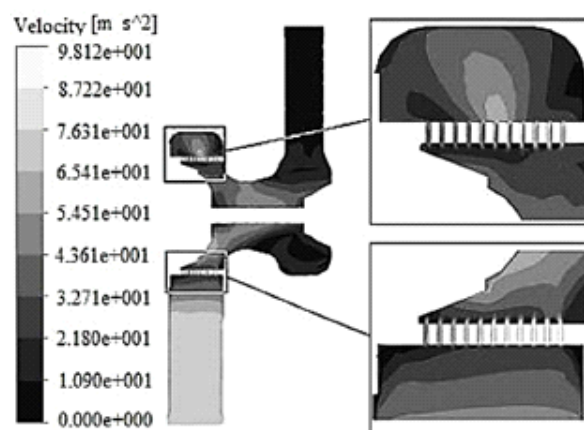


Рисунок 1 – скорости потока пара в

Проведенный анализ показал, что в проточной части регулирующего клапана присутствует значительная неравномерность движения пара, так же неравномерность прохождения пара через сито. Является целесообразным в будущем оценить влияние на точность решения иных вариантов граничных условий, изменение количества ячеек в пограничном слое, учета обратного течения в зонах выхода обратного потока и тд.

Перелік посилань:

1. Колядюк А.С. Численное моделирование течения пара в регулировочном клапане турбины [Текст] / А.С. Колядюк, Н.Г. Шульженко, И.Н. Бабаев // Вестн. двигателестроения. – 2011. – № 2. – С. 106-110. – рус.
2. Колядюк А.С. Течение пара и распределение температуры в системе парораспределения турбины для различных режимов ее работы [Текст] / А.С. Колядюк, Н.Г. Шульженко, С.В. Ершов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2012. – № 7. – С. 85-90. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/aktit_2012_7_19

**ДОСЛІДЖЕННЯ АЕРОДИНАМІКИ, ТЕРМІЧНОГО ТА ТЕРМОНАПРУЖЕНОГО
СТАНУ МОДЕЛІ ТРУБОПРОВОДУ КОТЛОАГРЕГАТУ**

Проблема забезпечення надійної роботи енергетичного і промислового обладнання в країні набуває все більшої гостроти. Основна маса енергетичних установок в Україні і світовій енергетиці була введена в експлуатацію в середині 60-х та 70-х років, тому вимагає заміни або глибокої модернізації. Враховуючи неможливість виділення значних коштів на установку нового обладнання, в світовій практиці виконуються широкі роботи щодо можливості продовження терміну експлуатації енергетичного та промислового обладнання. Для виконання такої роботи необхідно мати відповідну інформацію щодо умов роботи існуючого обладнання та стану його елементів, особливо тих, що знаходяться під дією високих температур і тисків. Як показує досвід експлуатації енергетичного обладнання, наприклад, котлоагрегатів, одним з найбільш термонапружених елементів котельного обладнання є трубний пучок. При експлуатації обладнання спостерігається нерівномірність розподілу палива в топковій камері як у просторі, так і у часі, що призводить до порушення температурного та тепло-гідравлічного режимів поверхонь нагріву та виникнення додаткових термоциклічних навантажень на метал, порушення оптимальних співвідношень «паливо-повітря» в окремих пальниках і в топковій камері в цілому, що викликає хімічний та механічний недопал і перекося температурного поля газів. Все це призводить до температурного перекося не тільки між пучками труб і окремими трубами, а навіть по довжині і периметру окремої труби і виникненню додаткових термічних напружень зверх розрахункових.

Для визначення умов роботи і термонапруженого стану трубних елементів при роботі на режимах із змінною температурою і швидкістю продуктів згоряння, з одного боку, та температурою, швидкістю і тиском води, з другого боку, на моделі труби у вигляді трубного патрубку діаметром 32×6 мм довжиною 150 мм із сталі 12X1МФ було проведено порівняльні розрахунки аеродинамічних, термічних характеристик системи та термонапруженого стану патрубка на основі нормативної документації, наприклад [1, 2], і з використанням програмного комплексу ANSYS Fluent.

Визначення аеродинамічних характеристик потоку, отриманих при обтіканні циліндра, показали, що найбільш близькими до експериментальних даних [3] з розглянутих моделей k-ε, k-w, SST та Reynolds є результати за моделями k-ε та Reynolds. У випадку обтікання патрубка газом з параметрами $t_r=1000\text{ °C}$; $W_r=10\text{ м/с}$ і води $t_{вд}=20\text{ °C}$; $W_{вд}=0,5\text{ м/с}$; $p_{вд}=13,5\text{ МПа}$ максимальне напруження спостерігалось на лобовій стінці циліндра і складало на зовнішній поверхні $\sigma_{зов}^{\max}=-32\text{ МПа}$, на внутрішній $\sigma_{вн}^{\max}=+38\text{ МПа}$, тобто діапазон напружень $\Delta\sigma=70\text{ МПа}$. На боковій поверхні ($\varphi=90^0$) діапазон напружень $\Delta\sigma=45\text{ МПа}$, що свідчить про перепад напружень вздовж утворюючої циліндру.

Перелік посилань

1. А. Жукаускас, И. Жюгжда. Теплоотдача цилиндра в поперечном потоке жидкости. Вильнюс. Мокслас, 1979. – 237 с.
2. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочное пособие. 1998. – 560 с.
3. Исатаев С.И. Экспериментальное исследование турбулентного движения жидкости в следе за плохобтекаемым телом / Ученые записки Казахского госуд. ун-та им. С.М. Кирова. Математика, механика и физика. Т. XXX. Вып. 5, 1957. – Алма-Ата. – С.70–78.

СЕКЦІЯ №5

**Проблеми
теоретичної і
промислової
теплотехніки**

Аспірант Барабаш В.П.
Проф., д.т.н. Пуховий І.І.

ПРОМИСЛОВІ ВИПРОБУВАННЯ ЛЬДОАКУМУЛЯТОРУ

Характерною особливістю багатьох підприємств харчової промисловості, таких як молокозаводи, пивоварні заводи і інші є явно виражений змінний характер теплового навантаження на теплообмінне обладнання. Для молокозаводів, наприклад, нерівномірне теплове навантаження обумовлено графіком надходження молока на підприємство. Для зменшення потужності холодильних машин в такі пікові періоди, коли потреба в холоді сягає максимальних значень часто використовують акумулятори холоду, в яких попередньо акумулюється холодна «льодяна» вода.

В якості акумуляторів холоду можуть бути ємності з холодною водою, або льодоакумулятори, в яких акумулювання холоду забезпечується за допомогою льоду.

Також, деякі підприємства які знаходяться на трьох зонному обліку по електричній енергії і мають потреби в отриманні холоду в денний період доби, особливо в години «пік», коли вартість електроенергії є максимальною, використовують такі акумулятори, для того, щоб вночі (коли вартість електроенергії є мінімальною) зарядити ці акумулятори, а розрядку здійснити саме в години «пік».

На одному із підприємств м. Києва в якому знаходиться центр обробки даних «Дата центр» були проведені випробування акумулятору льоду. Технічні характеристики акумулятору: Акумуляційна здатність – 160 кВт*год. Випарник акумулятору холоду – мідний трубчастий теплообмінник $F=22$ м² (діаметр трубки = 12 мм) занурений у воду. В середні даного теплообмінника відбувається випаровування фреону. Максимальна товщина льоду – 25 мм. Холодильна машина, яка забезпечує заряджання даного акумулятора має потужність 20 кВт.

В результаті промислових випробувань даного акумулятору було отримано дані по холодильному коефіцієнту холодильної машини в процесі акумулювання льоду, який при охолодженні води в акумуляторі від 15⁰ до 0⁰ знижувався від 2,5 до 1,5 і надалі, при намерзанні льоду, залишався на рівні 1,5.

Також було проведено експерименти по розрядці акумулятору льоду, коли в нього подавалась вода від системи фанкойлів через проміжний теплообмінник дата центру. В результаті танення льоду в акумуляторі, дана вода знижувала свою температуру і знову направлялась в систему охолодження. Регулювання температури води, що іде на охолодження обладнання відбувалось за допомогою частотного регулювання обертів насосу, що прокачує воду через льодоакумулятор.

В результаті експерименту було визначено оптимальні витрати води через акумулятор льоду для його ефективної розрядки.

Перелік посилань:

1. Рей Д., Макмайл Д. – Тепловыенасосы: Пер. с англ.– М.:Энергоиздат, 1982. – 224 с.,ил.
2. М.А. Михеев, И.М. Михеева«Основы теплопередачи»Изд. 2-е, стереотип М.«Энергия», 1977 г.

УДК 621.14

Молодий вчений – Боянівський В.П.
Доц., к.т.н. Барабаш П.О.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО ТЕПЛОВОГО НАСОСУ ALTEC-7005

Розробка надійних і ефективних систем регенерації води для пілотованих космічних об'єктів дозволить істотно знизити витрати на забезпечення космонавтів водою. Слід зазначити, що доставка на навколосезну орбіту одного кілограма маси обходиться більше, ніж \$ 3000, а далекі пілотовані космічні місії (Марс і т.п.), при існуючому рівні розвитку космонавтики, взагалі не можуть бути реалізовані без використання таких систем [1].

Найбільш перспективним способом регенерації води є дистиляція [1-2]. Системи, засновані на цьому способі, забезпечують вилучення води з різних рідких продуктів життєдіяльності космонавтів (сеча, санітарно-гігієнічна вода, конденсат атмосферної вологи) із забезпеченням високої якості отриманого дистилляту. При цьому слід зазначити, що для використання таких систем на космічних об'єктах необхідно дотримання ряду вимог, основними з яких є: можливість функціонування при невагомості, мінімальні габарити і маса, низька питома енергоспоживання, висока надійність.

Системи з термоелектричним тепловим насосом (ТТН), слід зазначити ряд позитивних особливостей: відсутність рухомих деталей і вузлів, висока надійність і ефективність.

Зазначене дозволяє зробити висновок про перспективність ТТН для дистиляційних систем регенерації води на пілотованих космічних об'єктах. Однак для проектування системи регенерації води з ТТН необхідно мати дані по взаємному впливу відцентрового дистиллятора (ЦВД) і ТТН на продуктивність і енергетичну ефективність системи при зміні їх витратних, температурних і потужних параметрів.

У зв'язку з цим в КПІ ім. Ігоря Сікорського проведені автономні дослідження ТТН ALTEC-7005, розробленого в Інституті термоелектрики НАН України. Максимальна електрична потужність ТТН 350 Вт, що досить для дистиляційної системи регенерації води продуктивністю до 7 л/год (для забезпечення водою екіпажу, чисельністю до 5 осіб).

Вплив витрати (швидкості) теплоносіїв в холодному і гарячому контурах ТТН є позитивним і приводить до збільшення витрат на COP ТТН. Причиною цього є зниження термічного опору теплопередачі між теплоносіями в контурах ТТН і термоелементами.

При однаковій загальній електричній потужності, COP для двох включених термобатарей вище, ніж для одиночного ТТН.

Перелік посилань:

1. Rifert, V.G. Improvement of the distillation methods by using centrifugal forces for water recovery in space flight application [Text] / V. G., Rifert, V. G. Razumovskiy, A. P., Strikun, et al. // ICES-2016-369. pp. 46th International Conference on Environmental Systems. – 10-14 July 2016. – Vienna, Austria.

2. Rifert V.G.Improvement the cascade distillation system for long-term space flights /V.G.Rifert,P.A Barabash, V.Usenko, et al. // 68th International Astronautical Congress (IAC), - 25–29 September 2017. - Adelaide, Australia.

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ЖИТЛОВОЇ БАГАТОКВАРТИРНОЇ БУДІВЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ DESIGNBUILDER TARETSCREEN

Зростання вартості енергоресурсів призводить до підвищення актуальності проблеми енергоефективності існуючого житлового фонду. Застосування сучасних програмних продуктів в ході проведення енергетичних обстежень дозволяє оцінювати енергетичні характеристики та прогнозувати рівень енергоспоживання до та після комплексної термомодернізації будівель. Об'єктом дослідження є 17-поверхова житлова будівля 1992 р. за адресою: м. Київ, вул. Скрипника 40А. Опалювальна площа 4100м². Теплопостачання централізоване, автоматичне регулювання відсутнє. Споживання теплоенергії – 342 Гкал/рік, електроенергії - 259580 кВт-год.

У програмному середовищі DesignBuilder було створено модель будинку з існуючими характеристиками інженерних систем та огорожень. В ході моделювання визначено енергоспоживання: фактичне, базове (додано систему вентиляції та автоматичне регулювання в системі опалення, рис.1) та після впровадження запропонованих енергозберігаючих заходів (ІТП, утеплення стін, даху, заміна вікон, заміна ламп, заміна двигуна ліфта); результати наведено у таблиці 1.

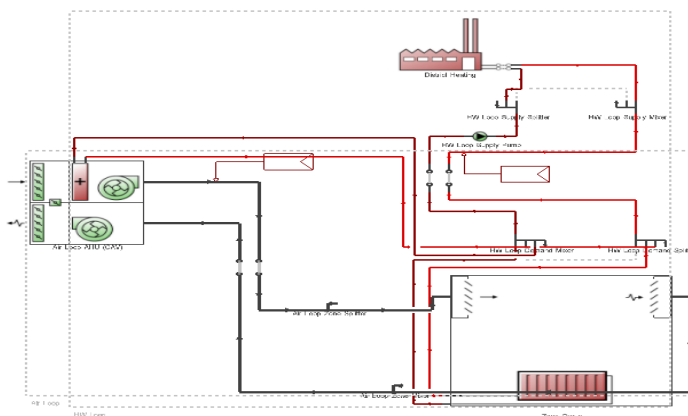


Рис. 1 – Система опалення та вентиляції (базовий варіант, модель у DesignBuilder)

Таблиця 1 – Споживання електричної та теплової енергії (моделювання у DesignBuilder)

Споживання	Фактичне	Базове	Запропоноване
Теплова енергія, Гкал/рік	325,8	342,6	158,4
Електрична енергія, кВт-год/рік	266671	539505	498990

За допомогою програмного продукту RETScreen було проаналізовано базове споживання енергоносіїв (існуючий стан систем та огорожень з урахуванням дотримання умов мікроклімату) та розраховано споживання після впровадження заходів з енергозбереження. Споживання теплової енергії для базового варіанту становить 323,4 Гкал/рік, для запропонованого 152,6 Гкал/рік. Враховуючи капітальні затрати на реалізацію заходів та очікувану економію після їх впровадження, розраховано прості терміни окупності заходів з енергозбереження. RETScreen дозволяє виконувати фінансовий аналіз: розрахунки показали, що комплексне впровадження запропонованих заходів має термін окупності 7,8 р., що для подібних проектів є прийнятним. Фінансування проекту може відбуватися за рахунок місцевого бюджету, державних програм підтримки («Теплі кредити»), програми IQ-energy та інші.

УДК 697.1

Аспірант Максименко О.Е.

Проф., д.т.н. Дешко В.І.

ВПЛИВ "КЛАПТИКОВОГО" УТЕПЛЕННЯ НА ТЕМПЕРАТУРНІ УМОВИ ПРИМІЩЕНЬ

Проблема енергоефективності та економії енергії в Україні є основною. Основні споживачі тепла в Україні – житлові та адміністративні споруди, на їх опалення витрачається більше 40% всіх паливно-енергетичних ресурсів. При цьому лівова частка припадає на житлово-комунальний сектор.

Безперервне зростання тарифів на комунальні послуги, зокрема на опалення, спонукає мешканців шукати нові способи збереження тепла. Одним з них є утеплення житлових будинків. Близько 75% багатоквартирних будинків старої забудови було зведено до 90-их років і теплоізоляція цих будинків не відповідає сучасним вимогам [1].

Існує два види утеплення: комплексне та «кляптикове» («латкове»), коли шар утеплювача монтується навколо однієї окремої квартири або декількох сусідніх квартир. Роблячи «кляптикове» утеплення мешканці підвищують умови комфортності в квартирі але якщо в квартирі відсутній прилад обліку тепла та можливість регулювання його споживання – це не вплине на сплату за опалення. Можливими недоліками є і втрати тепла через сусідні неутеплені квартири, і утворення "містків холоду", які сприяють утворенню плісняви і грибка. Окрім вищезгаданого, «латкове» утеплення є ще й забороненим не тільки в Україні [2, 3], а й в країнах Західної Європи та Польщі.

Метою даної роботи є аналіз впливу комплексного та «кляптикового» утеплення 12-типоверхового будинку старої забудови, розташованого у м. Києві, на температурні умови окремих приміщень та режимів системи опалення (СО). Для досягнення поставленої мети було створено математичну модель, реалізовану в програмному середовищі Mathcad. Модель представляє собою систему рівнянь теплового балансу: теплопередачі від приладу опалення (ПО) до повітря у кімнаті, від кімнати назовні та теплового потоку від води до ПО, записану для стояка однотрубної СО, який проходить через однакові житлові приміщення обраного об'єкту дослідження. Вихідні дані: номінальний тепловий потік ПО, витрата води через стояк, температури зовнішнього повітря та подачі води до стояка, приведений коефіцієнт теплопровідності огороження (ТО). Проведено три варіанти розрахунків.

В першому випадку - поповерхового розподілу температур в приміщеннях, для коефіцієнта ТО, розрахованого відповідно до норм забудови будинку та фактичного режиму СО (базовий варіант). Отримані результати показали, що різниця температур повітря приміщення складає 4,5 °С. *В другому випадку* - для коефіцієнта ТО, перерахованого для «кляптикового» утеплення стін з 9 по 4 поверх шаром мінівати 10см. Температури в приміщеннях не суттєво збільшились – середня температура повітря в приміщеннях складає 13,8 °С. *В третьому випадку* – комплексного утеплення – поповерховий розподіл температур в приміщеннях склав від 15,2 до 16,1 °С, а різниця зменшилася на 0,9 °С.

Таким чином, порівняно вплив «латкового» та комплексного утеплення на розподіл температур повітря в приміщеннях. Показано переваги комплексної модернізації огорожень одночасно з регулюванням та обліком опалення.

Перелік посилань:

1. ДБН В.2.6.-31:2016. Теплова ізоляція будівель.
2. ЗУ «Про особливості здійснення права власності у багатоквартирних будинках» №417-8, від 10.06.2018 р.
3. Цивільний кодекс України ч. 2 ст. 382 в редакції Закону № 417-8, від 14.05.2015.

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ

Зниження витрат державного бюджету на утримання громадських будівель є актуальною проблемою. Першим етапом впровадження заходів з енергозбереження є проведення енергетичних обстежень. Енергоаудитори у своїй діяльності можуть застосовувати сучасні програмні продукти для моделювання енергоспоживання.

Об'єкт розрахунку – дошкільний навчальний заклад №692 1978 року побудови, розташований за адресою: м. Київ, вул. Златопільська, 3а. Будівлю було збудовано за типовим проектом 212-2-41/75. Зовнішні стіни виконані з керамзитобетонних панелей, дах горизонтальний з насипною теплоізоляцією з керамзиту; підвал неопалювальний. Система теплопостачання двотрубна, встановлено ІТП за залежною схемою підключення з погодозалежним регулюванням. Фактичні дані щодо енергоспоживання на опалення визначалися як усереднені за три роки покази лічильнику теплової енергії.

Для даної будівлі виконано теплотехнічний розрахунок тепловтрат та річних витрат енергії, при цьому використовувалися характеристики матеріалів за стандартом [1], а теплове навантаження визначалося з урахуванням нормативних погодних умов за [2]. Далі було виконано побудову геометричної моделі будівлі у програмному середовищі Design Builder(рис.1) та виконано розрахунок фактичного (недотримання нормативних температур та відсутня механічна система вентиляції) і базового енергоспоживання з використанням стандартної бази даних матеріалів зовнішніх огорожувальних конструкцій та міжнародного кліматичного файлу погоди IWEC (крок дискретизації даних 1 година). Модель дозволяє враховувати графік експлуатації, теплонадходження, характеристики інженерних мереж та більш деталізовані дані огорожень будівлі, наприклад нерівномірне заглиблення цокольного поверху та різний тип вікон по фасадам.

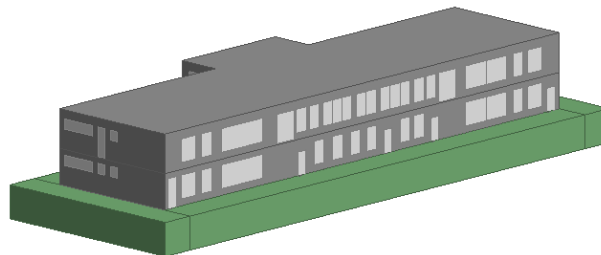


Рисунок 1 - Модель будівлі в DesignBuilder

Також було виконано моделювання енерговитрат будівлі в річному розрізі за допомогою програмного продукту Retscreen, що містить базу погодних умов, враховує графік експлуатації і характеристики інженерних мереж. Проте в розрахунках необхідно виконувати деякі спрощення (наприклад, попередньо визначати середньозважене для будівлі значення термічних опорів огорожень та ін.). В табл. 1. наведено результати розрахунків для базового та фактичного рівня енергоспоживання.

Таблиця 1 – Результати розрахунків енергоспоживання на опалення

Енерго-споживання на опалення, кВт·год	Фактичний рівень			Базовий рівень	
	Виміряне (усереднене)	Retscreen	DesignBuilder	Теплотехнічний розрахунок	DesignBuilder
	251208	262838	235972,7	344434,08	379370,6

Перелік посилань:

1. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель»; 2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»

ГІДРОДИНАМІКА, ОХОЛОДЖЕННЯ І ЗАМЕРЗАННЯ ВОДИ ПРИ УДАРІ СТРУМЕНЯ ОБ ВЕРХІВКИ ПАРАЛЕЛЬНИХ ПЛАСТИН

Використання теплоти кристалізації води для нагрівання морозного повітря до температур, близьких 0С та використання льоду забезпечується холодом з Космосу, що є відновлюваним джерелом енергії. Найбільш ефективним є використання бурульок, які мають зростаючу поверхню теплообміну. Перед подачею води на насадки, де формуються бурульки, воду слід охолодити до 1-3 С. Витрата води в процесі кристалізації повинна бути невеликою. При цьому слід досягати утворення крапель для збільшення поверхні теплообміну. При витіканні води з невеликого отвору спостерігається первинне подрібнення струменя води з його розширенням вниз. Удар об поверхню приводить до того, що 30– 40 % води розпилюються. А решта стікають з поверхні удару у вигляді крупних крапель.

Задачею дослідження було знайдення конструкції поверхні удару, яка б розширювала потік вздовж насадки і ефективно охолоджувала воду. В лабораторії провели дослідження трансформації потоку після удару об верхівки паралельних пластин. Струмінь діаметром 18 мм перетворюється на дискретний плівковий потік по ширині пластини 37 мм.

Наступним кроком стало дослідження згаданої конструкції при морозі в доквіллі. Була створена експериментальна установка, яка включала ємність з отвором у дні, з якого струмінь падав на різні насадки, закріплені на каркасі, після чого попадав на лінійну насадку у вигляді двоскатного даху з отворами. Експеримент проводився за температури мінус (-6) градусів по Цельсію. Вітер був поривчастий до 8 –10 м/с. Вода з витратою 0,45 мл/с подавалась на конструкцію з паралельних пластин, відстань між якими 5 мм та 10 мм, яка розташовувалась на відстані 0,42 м від ємності. Вода, падаючи, вдарялась об верхівки паралельних пластин, та скочувалась вниз по пластинам, частково намерзаючи знизу пластин бурульками. Рис. 2. Оскільки експеримент проводився на відкритій місцевості, то мав місце винос утворених після удару об кромки пластин краплин. Ці краплі спостерігались на відстані до 150 мм від місця удару походу вітру (на фото 1 - зліва направо)



Рис. 1



Рис. 2

Перелік посилань:

1. Пуховий І.І., Карнаух О.О. ПАРАМЕТРИ РОЗЛІТАННЯ КРАПЕЛЬ ПРИ УДАРІ СТРУМЕНЯ ВОДИ ОБ ПОВЕРХНЮ ПРИ МАЛИХ ВИТРАТАХ ВОДИ Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 24–27 квітня 2018 р. У 2 т. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – Т. 1. – 260 с.

УДК 697.1

Студент 3 курсу, гр. ТП-61 Баранюк А.М.
Доц., к.т.н. Боженко М.Ф.

ПЕРЕРИВЧАСТЕ ОПАЛЕННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Економія теплоти на теплопостачання може бути досягнута при влаштуванні в приміщеннях громадських будівель з перемінним режимом роботи переривчастого опалення. Можливість використання такого опалення пов'язано з теплоакумуючою спроможністю огорожень приміщення і обмежується мінімально допустимою температурою внутрішнього повітря у неробочий час. Якщо температура внутрішнього повітря знижується до величини, що більша за мінімально допустиму, то влаштування переривчастого опалення можливе. Перед початком роботи упродовж невеликого терміну часу система працює на повну рециркуляцію з підвищеною температурою повітря, а потім переводиться в розрахунковий режим роботи.

Практичні розрахунки виконані для аудиторії №4 корпусу №5 ТЕФ КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Попередньо за відомими методиками були обчислені втрати теплоти через зовнішні (стіни, вікна) і внутрішні (горищене перекриття, перетинки) огороження, розрахункова величина яких склала 27,5 кВт, а річна витрата теплоти на опалення аудиторії – $Q_{р\dot{ч}.o} = 200$ ГДж/рік. З урахуванням розрахункових теплових втрат, а також надходжень теплоти до приміщення від людей, температур зовнішнього повітря і суміжних приміщень, показника конвективного теплообміну для аудиторії, визначена мінімальна температура внутрішнього повітря у неробочий твн.мін. = - 6,4 оС, яка менша за рекомендовану (5 – 12 оС). Таким чином влаштування переривчастого опалення в аудиторії при наявних конструкціях огорожень не можливо.

Подальші розрахунки були виконані при утепленні зовнішніх стін і перекриття та заміні вікон, при цьому мінімальні термічні опори теплопередачі, $(m^2 \cdot K)/Wt$, брали за нормативними матеріалами (стіни – 3,3; вікна - 0,75; перекриття – 4,95). Отримані втрати теплоти при цьому склали 9 кВт, а величина твн.мін. = 13 оС.

Вихідні дані до наступних розрахунків:

- надходження теплоти від людей у робочий час $Q_{л} = 10$ кВт;
- розрахункова витрата повітря у приміщенні $L = 6900$ м³/год;
- мінімальна температура внутрішнього повітря твн.мін = 13 оС.
- час роботи системи на повну рециркуляцію $T_{н} = 1$ год /добу;
- продовжуваність робочого часу в аудиторії $T_{р} = 12$ год /добу

За методикою [1] отримана теплова потужність системи при роботі на повну рециркуляцію $Q_{н} = 31,5$ кВт та її середня величина за опалювальний період $Q_{н.ср} = 15$ кВт, потужність системи опалення в робочий час і середнє значення відповідно $Q_{с.o} = 0,7$ кВт і $Q_{ср.с.o} = 0,35$ кВт, а річна витрата теплоти системою переривчастого опалення $Q_{р\dot{ч}.с.o} = 12$ ГДж/рік.

Економічна ефективність, грн/рік, при утепленні огорожень, заміні вікон і влаштуванні переривчастого опалення в аудиторії визначена за формулою

$$E_{ф} = (Q_{р\dot{ч}.o} - Q_{р\dot{ч}.с.o}) \cdot Ц_{т}, \quad (1)$$

де $Ц_{т}$ – вартість одиниці теплоти, грн/ГДж.

З урахуванням величини $Ц_{т} = 394,85$ грн/ГДж ефективність складе біля 74 тис. грн/рік.

Перелік посилань:

1. Боженко М.Ф. Енергозбереження в теплопостачанні : навч. посіб. / М.Ф. Боженко, В.П. Сало. – К. : НТУУ «КПІ», 2008. – 268 с.

СИСТЕМА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ З НЕПРЯМИМ ВИПАРНИМ ОХОЛОДЖЕННЯМ

Кондиціювання повітря – це створення та автоматична підтримка у закритих приміщеннях усіх чи окремих параметрів (температури, вологості, чистоти, швидкості руху повітря) на певному рівні з метою забезпечення оптимальних умов, найбільш сприятливих для самопочуття людей або проходження технологічного процесу.

Сучасні системи кондиціювання за принципом розташування кондиціонера по відношенню до приміщення, що обслуговується, поділяються на центральні та місцеві. Кожна з цих систем має свої переваги та недоліки. Місцеві системи, які можуть бути автономними і неавтономними, влаштовуються, в основному, для житлових та напівпромислових будівель, а центральні – для великих громадських і промислових будівель. В місцевих автономних системах вироблення холоду і оброблення повітря здійснюється в самому кондиціонері, а в неавтономних – вироблення холоду здійснюється централізовано в чилерах. Центральні системи у своєму складі повинні мати холодильну станцію, і у зв'язку з цим характеризуються підвищеними витратами енергії на оброблення повітря.

В роботі розглянута центральна система кондиціювання повітря (СКП) для блоку поточних аудиторій корпусу №5 КПІ ім. Ігоря Сікорського з непрямим випарним охолодженням. В СКП охолодження повітря здійснюється в поверхневому теплообміннику водою, що охолоджується в повітряній градирні повітрям, яке видаляється з приміщень аудиторій.

До вихідних даних відноситься раніше розрахована об'ємна витрата повітря $V_{\text{п}} = 57900 \text{ м}^3 / \text{год}$; параметри зовнішнього ($t_3 = 23 \text{ }^\circ\text{C}$; $\phi_3 = 69 \%$) і внутрішнього ($t_{\text{вн}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$; $\phi_{\text{вн}} = 55 \%$) повітря, для яких за $h-d$ – діаграмою визначені температури за мокрим термометром ($t_{\text{м.з}} = 19 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{\text{м.вн}} = 16,2 \text{ }^\circ\text{C}$). За рекомендаціями [1] визначили температури води на вході в градирню $t_{\text{w1}} = 18,2 \text{ }^\circ\text{C}$ і на виході - $t_{\text{w2}} = 21,2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Охолоджуючу потужність непрямого охолодження, кВт, визначали за формулою

$$Q_{\text{ох}} = (V_{\text{п}} / 3600) \rho_{\text{п}} c_{\text{п}} (t_3 - t_{\text{w2}}), \quad (1)$$

де $\rho_{\text{п}}$ і $c_{\text{п}}$ – густина ($\text{кг}/\text{м}^3$) і теплоємність ($\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$) повітря відповідно.

В розрахунках брали $\rho_{\text{п}} = 1 \text{ кг}/\text{м}^3$, а $c_{\text{п}} = 1 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, тоді величина $Q_{\text{ох}} = 29 \text{ кВт}$.

За витратою води, що визначена за відомим рівнянням теплового балансу, була обрана градирня продуктивністю 10 тис. $\text{кг}/\text{год}$, а для охолодження повітря – 2 базових теплообмінника кондиціонера КТЦ-3м - 63 загальною площею поверхні 240 м^2 .

За відомими рівняннями визначені потужності припливного вентилятора для переміщення повітря $N_{\text{п}}$, вентилятора градирні $N_{\text{Г}}$ і насоса для перекачування води $N_{\text{н}}$, сумарна величина яких складає $\Sigma N_{\text{ох}} = 2 \text{ кВт}$.

Енергетичний показник непрямого випарного охолодження, що становить $14,5 \text{ кВт}/\text{кВт}$, визначали за співвідношенням

$$E = Q_{\text{ох}} / \Sigma N_{\text{ох}}. \quad (2)$$

Отримана величина більша за такий же параметр для холодильних машин, що становить $4 - 6 \text{ кВт} / \text{кВт}$ [1], тобто використання непрямого випарного охолодження в системах кондиціювання повітря ефективно.

Перелік посилань:

1. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: справ. пособ. / Л.Д. Богуславский, В.И. Ливчак, В.П.Титов и др.; под ред. Л.Д. Богуславского и В. И. Ливчака. – М. : Стройиздат, 1990. – 624 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ВІД ПЕРЕГРІВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ ВЛІТКУ З ОТРИМАННЯМ ВОДИ ДЛЯ ГВП

На спосіб отримано патент [1], за допомогою якого знижується потрапляння сонячного випромінювання до приміщення, та водночас відбувається підігрів води. В [2] описана конструкція системи, абсорбер якої виготовлений із полікарбонату та встановлюється на прозорі огорожі будівлі (вікна).

Експериментально перевірено систему в ясний день (м. Київ; листопад; температура повітря в докільці 10,5 °С (у середньому); подвійне застеклення вікна). На вікні встановлений абсорбер, обладнаний нижнім і верхнім колекторами та циркуляційною лінією з насосом від омивача скла автомобіля. Витрата води в системі була більшою подачі насоса, що викликано сифонним ефектом. Дослідження проводилися протягом трьох днів. Температура в приміщенні коливалася від 19 до 23 °С. Ущільнення простору між склом та абсорбером для попередження доступу повітря та ізоляція системи – не ідеальні. Система працювала у циркуляційному режимі на бак-акумулятор розташований під абсорбером. Ізоляція абсорбера зі сторони кімнати виконана з прозорої харчової плівки. Періодично фіксувалися температури повітря в кімнаті та температури води на виході (рис. 1).

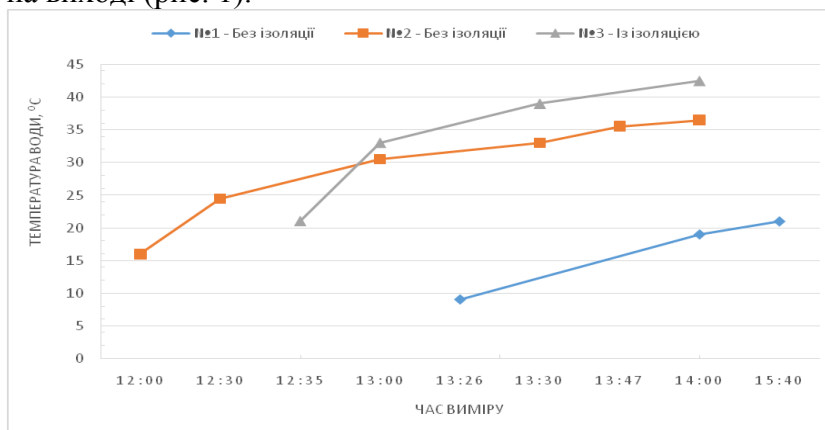


Рисунок 1 – Температура води на виході з абсорбера в залежності від часу.

Видно, що при застосуванні ізоляції, можливо досягти вищої температури води на виході із системи на 5...7 °С (або навіть 10 °С – за умови якісної ізоляції). Встановлення певного шару ізоляції абсорбера зі сторони приміщення запобігає підігріванню повітря в приміщенні, що сприяє підтриманню комфортної температури.

Вдалося підігріти воду максимально від 20 °С до 43 °С за півтори години. Аналізуючи варіанти покращення теплоізоляції можливо досягти температури води на виході, вище 50...55 °С, що відповідає нормам постачання води для систем ГВП, а відповідно надає можливість застосовувати її для даних потреб.

Перелік посилань:

1. Пуховий І.І., Махров М.А. Спосіб захисту від перегрівання і використання пасивної системи сонячного опалення та вікон для гарячого водопостачання влітку Пат. України на к. м. № 118236 Опубліковано: 25.07.2017, МПК: F24J 2/42
2. Пуховий І.І., Махров М.А. Система захисту від перегрівання приміщень влітку через вікна та вітражі пасивних систем сонячного опалення. Тези XVI Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» м. Київ, 24-27 квітня 2018 року – «Політехніка». -2018. – Т.1. -С.206

АНАЛІЗ ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВЕНТИЛЯЦІЙНОГО І АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У ТЕПЛОНАСОСНО-РЕКУПЕРАТОРНІЙ СХЕМІ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ

Для України житлово-комунальний сектор є одним із найбільш енергоємних в світі, що свідчить про низьку ефективність та застарілість наявного теплогенеруючого обладнання[1]. Тому пошук ефективних шляхів зменшення енергоємності теплоенергетичного обладнання у цій галузі є актуальним питанням.

Одним із таких шляхів є утилізація низькопотенційних джерел енергії з застосуванням теплових насосів (ТН), серед яких повітряні ТН мають найбільший попит. Проте їх значним недоліком є втрата потужності та ефективності зі зниженням температури повітря, що в умовах України ускладнює ефективну реалізацію теплонасосних систем теплопостачання протягом усього холодного періоду року.

Через це виникає потреба у розробці та дослідженні комбінованих теплонасосних систем теплопостачання з використанням додаткових джерел теплоти для підвищення ефективності їх роботи. Як показано в [2], ефективність роботи таких систем зростає при їх застосуванні в громадських будівлях, де вимагається велика кратність повітрообміну. У результаті витрати теплоти на вентиляцію можуть багаторазово перевищувати витрати теплоти на опалення, і тому має місце додаткове джерело теплоти у вигляді вентиляційних викидів, що може бути використано в комбінації з атмосферним повітрям.

У зв'язку з цим авторами запропонована та проаналізована принципова теплонасосно-рекуператорна схема опалення та вентиляції, яку зображено на рис. 1.

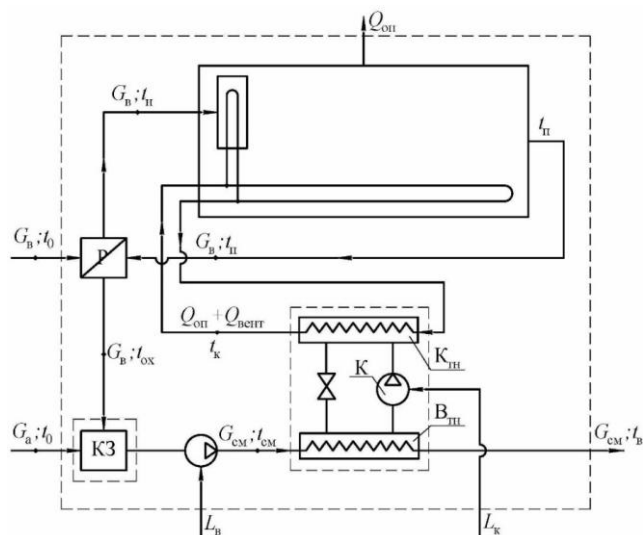


Рис. 1. Принципова теплонасосно-рекуператорна схема опалення та вентиляції з використанням теплоти вентиляційного і атмосферного повітря: $K_{тн}$ – конденсатор ТН; $B_{тн}$ – випарник ТН; K – компресор; B – вентилятор; $KЗ$ – камера змішування; P – рекуператор.

Аналіз даної схеми показав, що за рахунок рекуперації теплоти вентиляційного повітря сумарні питомі затрати зовнішньої енергії на опалення та вентиляцію (відношення затраченої зовнішньої енергії на одиницю отриманої теплоти) зменшуються у порівнянні зі схемами, джерелами яких є лише атмосферне або вентиляційне повітря. Були отримані графічні залежності з зображенням оптимальних режимів роботи теплонасосної системи. Встановлено, що за значень параметра $m = 1,5 - 2$ (відношення потоку теплоти на вентиляцію $Q_{вент}$ до потоку теплоти на опалення $Q_{оп}$) питомі затрати зовнішньої енергії у досліджуваній схемі на 50 – 55% менші, ніж у схемі з утилізацією тільки теплоти атмосферного повітря (за розрахункової температури -20°C).

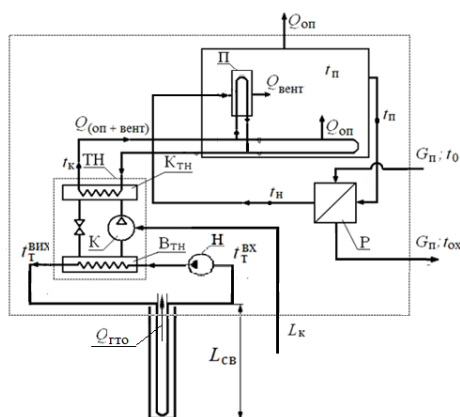
Перелік посилань:

1. Куделя П.П. Низькоенергетичні опалювальні системи. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 153 с.
2. Yu-Yuan Hsieh, Yi-Hung Chuang, Tung-Fu Hou, Bin-Juine Huang. "A study of heat-pump fresh air exchanger", Applied Thermal Engineering, Vol. 132, no. 5., pp. 708–718, 2018.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОТИ ҐРУНТУ ТА ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ВИКИДІВ В ТЕПЛОНАСОСНІЙ СХЕМІ ОПАЛЕННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ

На даний час теплонасосна технологія отримання теплової енергії є загально визнаною альтернативою в вирішенні проблеми економії енергії та підвищення енергоефективності традиційного теплогенеруючого обладнання. Однак, в Україні такі системи досі не набули широкого використання з цілого ряду причин, однією з яких є досить великі стартові капіталовкладення та високий рівень окупності, що для ґрунтового теплового насосу становить в середньому 5-7 років [1]. Тому актуальними на даний час є роботи в напрямку підвищення енергоефективності таких систем, що може сприяти зменшенню як експлуатаційних, так і початкових капітальних затрат на спорудження теплового насоса і ґрунтового теплообмінника. В цьому напрямку було розроблено комбіновану схему (рис. 1) для опалення та вентиляції виробничої будівлі з використанням теплової енергії вентиляційних викидів та ґрунту. Проведено термодинамічний аналіз запропонованої схеми теплопостачання, на основі якого зроблені висновки щодо зменшення питомих затрат зовнішньої енергії на систему опалення і вентиляції та пониження стартових капітальних затрат [2] на виготовлення і монтаж теплового насоса і ґрунтового теплообмінника.

Рис.

та
ТН;

1. Принципова схема комбінованої теплонасосної системи низькотемпературного водяного опалення та вентиляції з використанням теплової енергії вентиляційних викидів ґрунту: ТН – тепловий насос; КТН – конденсатор ВТН випарник ТН; К – компресор; П – підігрівач повітря після рекуператора; Н – насос нижнього контуру; Р – рекуператор.

Запровадження запропонованої комбінованої схеми збільшує температуру повітря, що подається на підігрівачі вентиляційної системи. Це в свою чергу зменшує навантаження на теплообмінники вентиляції та покращує умови їх роботи, зменшуючи ризик обмерзання повітропроводів. Потреби теплової енергії на опалення та вентиляцію вибраної будівлі при застосуванні запропонованої схеми практично задовольняються використанням лише двох теплових насосів, один з яких працює протягом всього опалювального періоду, а другий є резервним протягом більшої частини часу і включається в роботу лише за від'ємних температур зовнішнього повітря, що майже на 60 % скорочує як енергетичні затрати, так і відповідну кількість теплонасосного обладнання.

Перелік посилань:

- Lund, J. Geothermal (ground-source) heat pumps a world overview. China: GHS BULLETIN. – 2016. – P. 25-48.
- Steward, F. R. Optimum arrangement and use of heat pumps in recovery waste heat / F. R. Steward // Energy Conversion Mgmt. – 1984. Vol. 24 – № 2. – P. 123–129.

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕПЛООВОГО ЗАХИСТУ ЖИТЛОВИХ ТА ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

На сьогоднішній день в Україні залишилось чимало будівель житлового та громадського призначення, які побудовані за стандартами, що не відповідають нововведеним. «Старобудови» не можуть забезпечити відповідного теплового захисту, особливо в холодний період року. Витрати на опалення таких будівель більші ніж на опалення новобудов.

Для однієї з будівель навчального закладу (м. Хмельницький) зовнішні стіни виконані з цегли товщиною 655 мм; світлопрозорі конструкції – потрійні склопакети в металевих рамах; перекриття – двопорожнинний настил

Розраховані за відомими методиками сумарні теплові втрати будівлею складають 83 кВт, а річна витрата теплоти на опалення - 648 ГДж/рік.

Для теплового захисту зовнішніх стін будівлі розглянуті утеплювачі з піноізолу, мінеральної вати, скловати, пінополістиролових плит.

Вибір типу утеплювача і його оптимальної товщини здійснено за мінімальною величиною зведених витрат, які визначаються за формулою [1]

$$B = K_p + (B_{\text{екс}} + aK_p)z_n, \quad (1)$$

де K_p – капіталовкладення в реконструкцію стіни, грн/м²; B – поточні витрати на компенсацію втрат теплоти через стіну, грн/(м² · рік); a – коефіцієнт амортизаційних відрахувань, 1/рік; z_n – нормативний термін окупності додаткових капіталовкладень, років.

В результаті розрахунків були отримані наступні мінімальні значення зведених витрат, грн/м², для розглянутих теплоізоляційних матеріалів:

- піноізол - 740;
- мінеральна вата – 730;
- скловата – 734;
- плити з пінополістиролу – 740.

Остаточо для утеплення стін за найменшою величиною зведених витрат обрано мінеральну вату товщиною 110 мм. Термічний опір теплопередачі стіни складає $R_0 = 3,4$ (м²·К)/Вт, що більше за мінімально допустиме значення цієї величини для першої температурної зони України $R_{qmin} = 3,3$ (м²·К)/Вт [2]. Також були замінені вікна на енергозберігаючі металопластикові двокамерні з термічним опором теплопередачі $R_{сп} = 1,05$ (м²·К)/Вт та утеплене горище до мінімально допустимого опору теплопередачі $R_r = 4,5$ (м²·К)/Вт.

В результаті повторних розрахунків при утепленні стін і горища та заміні світлопрозорих конструкцій теплові втрати склали 24 кВт, а річна витрата теплоти на опалення будівлі - 186 ГДж/рік.

Подальші розрахунки показали що при вартості теплової енергії при централізованому тепlopостачанні 1654,41 грн/Гкал (384,85 грн/ГДж) економія при оптимізації теплового захисту будівлі складатиме біля 178 тис. грн/рік.

Перелік посилань:

1 .Боженко М.Ф. Енергозбереження в тепlopостачанні : навч. посіб. / М.Ф. Боженко, В.П. Сало. – К. : НТУУ «КПІ», 2008. – 268 с.

2. ДБН В. 2.6. – 31:2006 зі зміною №1 від 1 липня 2013 року. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Чинні від 2007 – 04 - 01. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2006. – 70 с

ПРО ДЕЯКІ ПИТАННЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕПЛООБМІНУ В КОНДЕНСАТОРАХ І СПОСОБИ ЗАХИСТУ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ

На сьогоднішній день в світі більшість розвинених країн намагаються впровадити в промисловість процес краплинної конденсації. До таких країн відносяться: Японія, Китай, країни ЄС, США та ін. Активізація досліджень, наукових досліджень, напівпромислових випробувань та промислових впроваджень супроводжується розвитком технологій виготовлення та експлуатації поверхонь. Залишається актуальним пошук оптимальної технології отримання і довготривалого використання стійких активованих поверхонь теплообміну з малим термічним опором і з характерно високою інтенсивністю теплообміну.

У теплотехнічних апаратах в процесі експлуатації існує можливість варіювання режимів конденсації за рахунок зміни властивостей захисного покриття поверхні. Новітні покриття мають властивості широкого спектру і отримуються із застосуванням трибохімічних реакцій. Специфічна комбінована поверхня дозволяє комплексно і ефективно використовувати дію сил поверхневого натягу. В цьому контексті розширення можливостей таких покриттів завдячує стрімкому розвитку нанотехнологій. На процес конденсації впливає велике число різних факторів. До їх числа відносять вибір теплоносія, матеріалу конденсаційної поверхні, способу ліофобізації і ін. Істотним фактором також може служити форма, розміри і орієнтація в просторі поверхні теплообміну. Серед безлічі характеристик можна виокремити крайовий кут змочування як статичний так і динамічний. Саме через гістерезис крайового кута проявляються всі основні властивості конденсаційного процесу, поведінки поверхні теплообміну і обладнання в цілому [1].

У штучних умовах при застосуванні широко відомих традиційних гідрофобізаторів досягти в повній мірі гідрофобності або ліофобності не вдається. Наприклад, для системи пара чистих парафінів - вода крайовий кут дорівнює порядку $106-109^\circ$. У гідрофобного синтетичного матеріалу - фторопласта (PTFE), рівноважний крайовий кут становить 112° . Гідрофобізатори нового покоління є матеріалами проникаючої дії і призначені для захисту теплообмінних поверхонь від корозійного впливу води, біокорозії, агресивних середовищ і т.д. Довговічність таких покриттів повинна становити десятиліття.

Триботехнічні склади в своїй основі мають збалансовані комбінації особливим чином подрібнених мінералів групи шаруватих силікатів, таких як серпентини, хлорити і т.д. Хімічний склад і технологія готування триботехнічних складів продовжують удосконалюватися в даний час в залежності від умов їх роботи і поставлених завдань. Вони мають ефект відновлення поверхонь і формування захисного шару завтовшки до 15 мкм з метою оптимізації геометрії поверхонь. Захисні шари мають здатність зберігати параметри до тих пір, поки повністю не зносяться.

Таким чином можна сказати, що на сьогоднішній день існують новітні нанопокриття, які в повній мірі захищають метали і сплави від різних видів корозії і ідеально підходять для консервації теплообмінних поверхонь конденсаційного обладнання.

Одночасно з цим основним напрямком їх застосування є саме організація і довготривале підтримання високоінтенсивної краплинної конденсації в промисловому обладнанні.

Перелік посилань:

1. Гавриш А.С. Об особенностях процесса конденсации на поверхностях теплообмена с различными краевыми углами смачивания // Тепловые процессы в технике. 2019. Т.11. №2. С.69-78.

ОСОБЛИВОСТІ АЕРОДИНАМІЧНИХ ТА ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ У ТОПЦІ КОТЛА ПТВМ-100 ПРИ ЗАМІНІ ШТАТНИХ ПАЛЬНИКІВ НА МІКРОФАКІЛЬНІ ГАЗОВІ ПАЛЬНИКИ

Прямоточний газо-мазутний водогрійний котел типу ПТВМ-100 має повністю екрановану топку і розташовані над нею конвективні пакети, обладнаний 16-магазо-мазутними пальниками типу ГМГ-9 з індивідуальними дуттьовими вентиляторами. На нижньому ярусі встановлено бпальників з кожного боку, факели спалювання палива від яких направлено назустріч один одному.

Дослідження на моделі у програмному середовищі Solid Works двох паралельно працюючих пальників показують суттєву нерівномірність поля швидкостей у поперечному розрізі на зрізах від амбразури пальників, що ускладнює процес сумішоутворення й ефективного спалювання палива, негативно впливає на теплові та екологічні показники експлуатації котла, а саме: а) значне розшарування потоків газів спалювання по висоті та площині топкової камери; б) занижене значення передачі теплоти випромінюванням; в) занесення гарячих димових газів процесів допалювання палива у хвостові конвективні поверхні нагріву; г) зavelика температура димових газів на виході з котла.

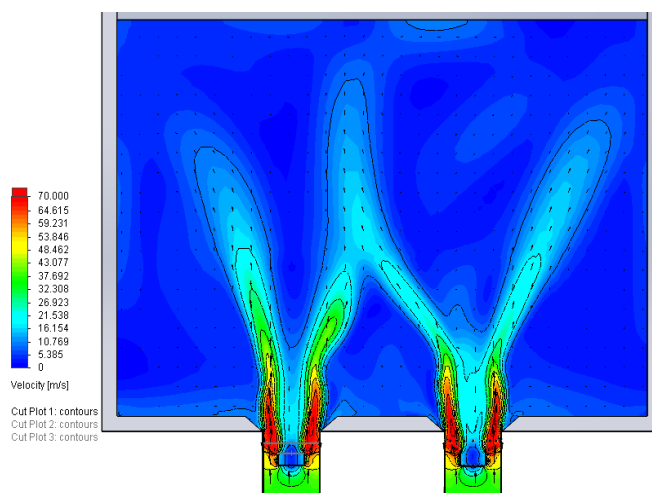


Рис.1. Моделювання аеродинамічних процесів (швидкостей повітря) у топці котла при роботі двох пальників штатного типу у повздовжньому розрізі

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. Варламов Г. Б., Халатов А. А. Аэродинамические и тепловые характеристики камер сгорания ГТУ с горелочной системой трубчатого типа // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, выпуск № 3/12 (63) 2013 рік, стор.79-83.

ПРОЕКТ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ БУДІВЛІ НАВЧАЛЬНОГО КОРПУСУ

Перед нами була поставлена задача по модернізації систем вентиляції будівлі навчального закладу. Підставою для розробки проекту було завдання на проектування, архітектурно-будівельна частина даного проекту та звіт з енергоаудиту будівлі. Перелік приміщень, в яких передбачено модернізацію систем загально обмінної вентиляції та перелік інженерно-технічних заходів також визначений завданням на проектування та звітом з енергоаудиту.

Повітрообміни в приміщеннях будівлі навчального закладу, де передбачено капітальний ремонт систем загальнообмінної вентиляції, визначені у відповідності до ДБН В.2.2-3-97 "Будинки та споруди навчальних закладів" по нормі необхідної площі приміщення на одного студента (2,4 м²), та нормативного повітрообміну на одного студента (20 м³/год)

При дослідженні існуючих систем вентиляції було виявлено, що більшість вентиляційних каналів було зашито, заклеєно шпалерами, вентиляційне обладнання, яке забезпечувало подачу і видалення повітря вийшло з ладу. Отож, всі існуючі вентиляційні канали було вирішено закласти.

Видалення повітря з не навчальних приміщень вирішено організувати за допомогою настінних витяжних вентиляторів з покращеним дизайном фірми ВЕНТС (Україна) ЦФ 100 турбо, продуктивністю 100 м³/год.

Видалення повітря з деяких приміщень кабінетів було вирішено об'єднати у систему з повітропроводом із вмонтованими витяжними решітками та каналного вентилятора ВЕНТС ТТ Сайлент-М.

В навчальних аудиторіях проектом передбачено встановлення припливно-витяжних установок із рекуперацією теплоти (VENTS) ДВУТ 300 і 500 ПБ ЕС – підвісні децентралізовані припливно-витяжні установки, продуктивністю до 510 м³/год в тепло та шумоізолюваному корпусі.

Використання запроєктованого обладнання дозволяє скоротити витрати теплоти на нагрів вентиляційного повітря. Дане вентиляційне обладнання має вищий клас енергоефективності, що дозволяє скоротити витрати електричної енергії.

Перелік посилань:

1. Щекин Р.В. Справочник по теплоснабжению и вентиляции, : Будівельник, 1976. – 327с.
2. Староверов И.Г. Справочник проектировщика, М: Стройиздат, 1977. – 502с.
3. Аеродинаміка вентиляції: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / С. С. Жуковський, В. Й. Лабай; Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Л., 2003. — 370 с. — Бібліогр.: с. 365—370.

УДК 621.644

Магістрант 5 курсу, гр. ТП-81мп Ганжа В.О.
Ст.викл., к.т.н. Шовкалюк Ю.В.

РЕМОНТ ТРУБОПРОВОДУ БЕЗ ЗУПИНКИ ПОДАЧІ ПЕРЕКАЧУВАНОВОГО СЕРЕДОВИЩА ДО СПОЖИВАЧА

Компанія RAVETTI (Італія) з 1972 року займається науковими розробками і виробництвом технологічного обладнання для ремонтних робіт на діючих мережах трубопроводів з різним перекачуванням середовищем (природний газ, нафта, нафтопродукти, хімічні рідини, вода, і т.д.).

Завдяки своїм прогресивним технологіям компанія RAVETTI є світовим лідером з виробництва і розробки обладнання для проведення ремонтних робіт на трубопроводах під тиском. Зокрема, спеціальне запатентоване технологічне обладнання «СТОП-СИСТЕМА», які забезпечує подвійне перекриття трубопроводу в кожній точці відсікання, кардинально змінило світ операторів трубопровідних систем і стало неперевершеним зразком безпечного, технологічно і фінансово ефективного вирішення для ремонту трубопроводів без зупинки перекачування середовища, що транспортується.

При використанні традиційних методів ремонту труб, які потребують тимчасової зупинки перекачування продукту, в більшості випадків необхідно відключення великої ділянки трубопроводу, тиск в якому повинен бути знижений, а продукт, що транспортується (вода, газ, нафта) відкачано або скинуто в атмосферу. Роботи по ремонту діючих трубопроводів, що виконуються традиційними методами, не можуть бути проведені в стислі терміни, а витрати на їх проведення дуже великі.

Рішенням таких завдань, є обладнання RAVETTI, яке давно завоювало визнання фахівців найбільших компаній усього світу, що займаються транспортуванням і розподілом газу, нафти і води. Комплекс технологічного обладнання RAVETTI, характеризуються досконалістю технологічних рішень, що забезпечують виконання робіт по врізці (холодна врізка) в діючі мережі під тиском, ремонт ділянки трубопроводу з облаштуванням байпасних ліній без відключення споживачів, повторних пусків і зниження тиску, з дотриманням безпеки проведення ремонту трубопроводів.

Це дозволяє виключити збитки підприємств-постачальників води, тепла, нафти і газу під час проведення різного виду ремонтних робіт на трубопроводах. Унікальною особливістю обладнання є його мобільність і компактність при високій енергоозброєності, завдяки оптимізації конструкції і дизайну деталей. Ці характеристики впливають на термін виконання робіт і дозволяють працювати в умовах обмеженого простору, в кілька разів зменшуючи енергоспоживання і трудомісткість.

Монтаж «Стоп – системи» відбувається так:

- 1) На аварійній ділянці приварюємо два фітинга, один праворуч, а другий ліворуч.
- 2) На кожен з фітингів встановлюємо сендвіч – клапан в закритому режимі.
- 3) До сендвіч – клапана прикріплюємо бурильну установку і вирізаємо отвір в трубі.
- 4) Далі проводимо очистку внутрішніх стінок трубопроводу спеціальним обладнанням для кращого прилягання гумової головки Стоп – системи.
- 5) Установка самої «Стоп – системи» і перекриття подачі носія.
- 6) Установка байпасної труби і пуск носія по ній.
- 7) Виконання ремонтних робіт на аварійній ділянці.
- 8) Демонтаж «Стоп – системи» і сендвіч – клапанів, установка внутрішніх і зовнішніх заглушок на фітинги.

1. Сайт компанії – виробника «Стоп – системи» Ravetti.

ОПТИМІЗАЦІЯ СХЕМ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ДЛЯ ТЕПЛО- ТА ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ВИРОБНИЦТВА

Теплові насоси (ТН) нині знайшли широке застосування серед споживачів таких як житлові будинки, що використовують теплоту землі, води та повітря для індивідуальних потреб опалення та гарячого водопостачання (ГВП) [1-2]. Набагато рідше теплонасосні установки (ТНУ) використовуються для промислових цілей. Причиною цього є те, що використання ТНУ з природними джерелами теплоти має досить великий термін окупності, який може сягати більше десяти років. Цей показник є неприйнятним порівняно із середнім терміном в 6-7 років. З іншого боку все далі набуває популярності використання вторинних енергоресурсів (ВЕР), які допомагають значно зменшити витрати палива на виробництві [2].

Використання ТН в промислових цілях має низку переваг, якщо використовувати внутрішні джерела теплоти промислових підприємств в якості джерел теплоти. Прикладами таких внутрішніх джерел можуть бути вода та повітря, що використовуються для охолодження наприклад стерилізаторів, компресорних та інших установок, які потребують охолодження [2-4].

Такий підхід може використовуватись для цілей опалення, вентиляції та гарячого водопостачання у холодний період року. Проте він не має місця для теплового та перехідних періодів. Тому схеми теплових насосів проектують так, щоб в теплий період року ТНУ працювали як системи кондиціонування приміщень. Можливо декілька варіантів схем, кожна з яких буде мати свої переваги та недоліки і кінцевий вибір залежить від цілей підприємства.

Таким чином, підприємства, на яких використовують водяне охолодження та холодильні камери можуть бути переобладнані на системи з ТН, які будуть працювати за принципами, які описані вище. Це дозволить відмовитись від споживання теплоти від котельні на потреби опалення, вентиляції та ГВП та не видаляти потенціально придатне тепло у довкілля в холодний період року.

Мета роботи полягає в підвищенні техніко-економічних показників об'єктів промислової галузі на основі оптимізації теплонасосної схеми тепло та холодопостачання виробництва та визначення найбільш вигідної схеми для досліджуваного об'єкту.

Як висновок можна сказати, що використання ТН може істотно зменшити витрати палива на підприємстві, а також знизити частку теплового забруднення довкілля. Тепловий насос забезпечить значне підвищення енергонезалежності підприємства та значне зниження енергетичної складової собівартості продукції.

Перелік посилань:

1. Гершкович В. Ф. Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами / В. Ф. Гершкович. – К.: Украинская Академия Архитектуры ЧП “Энергоминимум”, 2009. – 60 с.
2. Безродний М.К. Термодинамічна та енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання / М.К. Безродний, Н.О. Притула – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 272 с.
3. Боженко М.Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: навч. Посіб./ М. Ф. Боженко, В.П. Сало. – Київ: ІВЦ „Видавництво Політехніка”, 2004. – 192 с.
4. Державні будівельні норми України. Опалення, вентиляція та кондиціонування. ДБН В.2.5-67:2013. Київ. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. 2013.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОДОГРІЙНИХ КОТЕЛЕНЬ ПОМІРНО-ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Системи централізованого теплопостачання (ЦТ) набули широкого поширення не тільки в Україні, а й в багатьох інших країнах, і вже на протязі декількох десятиріч надійно забезпечують значну частку потреб в тепловій енергії, залишаючись основним способом опалення житлових будинків. Нажаль, в останні роки в даному секторі з'явилися і негативні тенденції – все більше споживачів відмовляються від систем ЦТ та віддають перевагу індивідуальним чи автономним системам опалення.

Що стосується систем помірно-централізованого теплопостачання (ПЦТ), основною причиною зменшення споживачів є висока ціна теплової енергії, що генерується в основному квартальними котельнями малої потужності (від 3 до 20 МВт). Котельні такого типу характеризуються, зокрема, використанням котлів малої потужності: НИИСТУ-5, «Універсал» та ін., з яких близько 70% потребують негайної заміни, тому виникає потреба в реконструкції існуючих котелень з використанням сучасного високоефективного обладнання.

В модернізованих або нових котельнях в якості основного обладнання можливо використання сучасних автоматизованих водогрійних котлів фірм: «VISSMANN», «BUDERUS», «ICI Caldaie», «Kolbi», і ін. На сьогоднішній день немає єдиної думки, який тип котлів кращий. Їх вибір обумовлюється рядом об'єктивних і суб'єктивних факторів.

В роботі розглядається реконструкція котельні в м. Івано-Франківську з заміною котлів НИИСТУ-5 на два водогрійних котли типу GREENOx.e-70, теплопродуктивністю кожного з них по 0,7 МВт. Такі котли можна використовувати для теплових мереж з температурою води 60 - 110 °С, потужність їх складає від 0,1 до 3,0 МВт. Котли також характеризуються досить високим ККД (не нижче 95%) та низьким рівнем викидів NO_x.

В подальшому виконана оцінка енергетичної ефективності реконструкції котельні.

За рівнянням теплового балансу визначено річну витрату природного газу на котельню, м³/год

$$V_{\text{річ}} = \frac{Q_{\text{річ}}}{Q_{\text{н}}^{\text{p}} \cdot \eta_{\text{ка}}} \cdot K_{\text{т.п}} \quad (1)$$

де $Q_{\text{річ}}$ - річна витрата теплоти, кДж/рік, $Q_{\text{н}}^{\text{p}}$ - нижча теплота згорання палива, кДж/м³; $\eta_{\text{ка}}$ - ККД котла; $K_{\text{т.п}}$ - коефіцієнт втрати палива при транспортуванні.

Згідно з розрахунками теплових навантажень споживачів $Q_{\text{річ}} = 10,2 \cdot 10^9$ кДж/рік, за довідковими даними $Q_{\text{н}}^{\text{p}} = 37560$ кДж/м³, $\eta_{\text{ка}} = 0,95$ для котлів GREENOx.e і 0,82 для котлів НИИСТУ-5, $K_{\text{т.п}} = 1,08$. Тоді витрати природного газу складуть $V_{\text{річ.1}} = 308724$ м³/рік для котлів НИИСТУ-5 і $V_{\text{річ.2}} = 357651$ м³/рік для котлів GREENOx.e.

Економія природного газу при заміні існуючих котлів на сучасні становить $\Delta V_{\text{річ}} = 48924$ м³/рік. При вартості 1 м³ палива 8,55 грн/м³ після реконструкції котельні витрати на паливо зменшуються на 418 300 грн/рік.

Перелік посилань:

1. Алабовский, О.М. Проектирование котельных промышленных предприятий: курсовое проектирование с элементами САПР: навч. посібник для студентів вузів із спец. «Промислова теплотехніка» / О.М.Алабовський, М.Ф.Боженко, Ю.В.Хоренженко. – Київ : Вища школа, 1992. – 207 с.

НЕОБХІДНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПОНЯТТЯ ЯКОСТІ ЕНЕРГІЇ (ЕКСЕРГІЇ) В ТЕРМОДИНАМІЧНОМУ АНАЛІЗІ ЕНЕРГОПЕРЕТВОРЮЮЧИХ СИСТЕМ

В сучасній термодинаміці термін «енергія» використовується як в значенні «фізична величина», так і «рух» чи «форма руху». Такі значення терміну «енергія» приводять до поєднання в терміні «енергія» двох термодинамічних характеристик енергії: кількості(завжди стала величина) і якості(змінна властивість пов'язана з словом «рух»)

На сьогодні в термодинамічному аналізі енергоперетворюючих процесів широко використовується енергетичний підхід. В основі цього підходу лежить Перший закон термодинаміки (енергетичний баланс), який виражає принцип збереження енергії і відноситься лише до однієї термодинамічної характеристики різних форм енергії – кількості. Оскільки кількість енергії в процесі зберігається, то виникає питання, що ж ми використовуємо в своїй діяльності, якщо загальна кількість енергії залишається сталою.

Розвиток науки і техніки змусив враховувати не лише кількість, а і якість енергії. Основна якісна характеристика енергії – це здатність до перетворень. Загальна міра якості різних форм енергії одержала назву «ексергія». Кількісно ексергію різних форм енергії визначають з застосуванням Першого(енергетичний баланс) і Другого закону(ентропійний баланс). Отже, оскільки енергія в процесах зберігається то значення має не енергія взагалі, а лише можливість людини використовувати існуючу в природі здатність енергії знижувати свою якість (ексергію). Задача технічного прогресу – перш ніж віддавати енергію навколишньому середовищу, від неї необхідно відібрати ексергію наскільки це можливо і доцільно, і використати її з найбільшою ефективністю.

Спільне рішення рівнянь енергетичного(Перший закон) і ентропійного(Другий закон) балансів дозволяє не тільки визначити кількісно ексергію різних форм енергії, а і залежність ексергії від необоротності(ексергетичний баланс). На цій основі створено ексергетичний метод аналізу енергоперетворюючих процесів. Ексергетичний аналіз вказує на місця, величину і джерела термодинамічної неефективності енергетичної системи. Така інформація є необхідною і достатньою для підвищення ефективності системи, її реального (ексергетичного) ККД. Ця інформація недоступна при використанні інших видів аналізу, зокрема, енергетичного.

Перелік посилань:

Бродяньський В.М. Классическая термодинамика на рубеже XXI века : Состояние и перспективы развития //Известия АН России. Энергетика. 2001.N5.с.17-43

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ПАЛИВА У ДВИГУНАХ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ (ДВЗ)

Автомобільний транспорт є однією з галузей, що в значній мірі визначає розвиток промисловості і сільського господарства будь-якої країни. Світовий парк автотранспортних засобів безупинно зростає. Не виняток і Україна, де автомобільний транспорт - одна з галузей господарства, що розвивається інтенсивно. Незважаючи на те, що зараз більше ніж 70% вантажу і 85% пасажирів перевозяться автомобільним транспортом, потреби у ньому безперервно збільшуються.

Наслідком такої тенденції стає підвищений попит на палива нафтового походження, що для автомобільних ДВЗ є традиційними. Постійне всезростаюче видобування нафти призводить до виснаження природних запасів та підвищення вартості сировини.

Оцінюючи доцільність використання того чи іншого альтернативного палива необхідно враховувати такі параметри:

- витрати на виробництво;
- доступність кінцевому споживачу;
- вплив на оточуюче середовище;
- необхідність пристосування двигуна до процесу живлення нетрадиційними паливами;
- безпеку використання;

При використанні альтернативних палив в автомобільних двигунах їх енергетичні, екологічні показники та показники паливної економічності змінюються. Так, при використанні спиртів в бензинових двигунах, ріпакового метилу та ефіру в дизелях потужність двигунів практично не відрізняється від потужності при живленні традиційними нафтовими паливами. Проте зростає витрата палива. При живленні двигунів газовим паливом потужність може знижуватись на 10-20% відсотків, що впливає на тягово-швидкісні властивості автомобіля і потребує внесення змін в конструкцію трансмісії для забезпечення тягових та розгінних властивостей на рівні бензинового аналога.

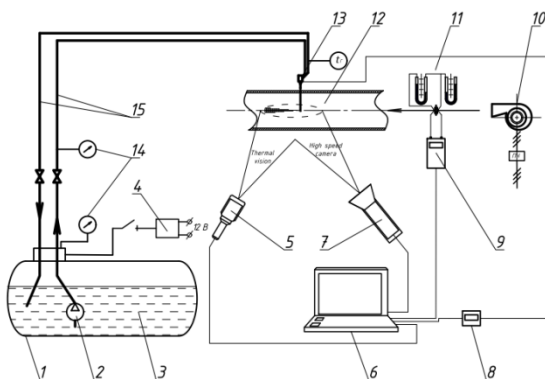


Рис. 1.

Для експериментальних досліджень розпилення форсункою крапель зрідженого палива створена експериментальна установка (Рис. 1), яка дозволить визначити фактичну картину розпилення та випаровування зрідженого палива в повітряному потоці впускного колектора ДВЗ.

Перелік посилань:

Льотко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С., Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. – М.: МАДИ(ТУ), 2000. – 311 с.

ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕПЛОНАСОСНОЇ-АДСОРБЦІЙНОЇ СХЕМИ КОНСЕРВУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Захист металевих конструкцій від корозії- актуальна проблема сучасного енергетичного обладнання. Дана проблема актуальна, тому що обладнання експлуатується при високих температурах і великому надлишковому тиску і будь-які незначні пошкодження несуть суттєві ризики при використанні обладнання. Основним каталізатором корозії є волога повітря, тому для збереження енергетичного обладнання від корозії необхідно підтримувати низьку відносну вологість повітря яке контактує з металевими поверхнями.

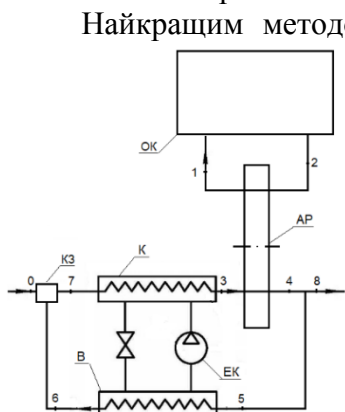


Рис.1 Схема консервування енергетичного обладнання.

Найкращим методом, для забезпечення низької відносної вологості повітря, є використання адсорбційних осушувачів повітря. Принцип роботи адсорбційного роторного осушувача –заснований на властивості силікагелю поглинати вологу з робочого повітря та віддавати адсорбовану вологу регенераційному підігрітому повітрю. Однак дане обладнання є досить енергозатратним, оскільки використовується електроенергія для підігріву регенераційного повітря до температур 60-140⁰С.

Для забезпечення високої енергоефективності і якісного збереження обладнання реалізована теплонасосна-адсорбційна схема консервування енергетичного обладнання (рис.1). Зовнішнє повітря (0) подається в камеру змішування, де змішується з рециркуляційним регенеративним повітрям (6), яке надходить після випарника. Далі повітряна суміш (7) подається в конденсатор, де підігрівається і подається в ротор для його регенерації. Після проходження через ротор регенеративне повітря (4) частково викидається в оточуюче середовище (8), а частково направляється у випарник (5). Після випарника рециркуляційне повітря подається в камеру змішування, де змішується зі свіжим повітрям.

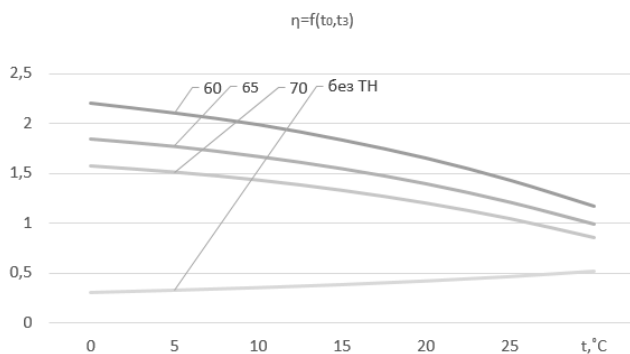


Рис.2 Графік залежності загального коефіцієнта ефективності системи.

На рис.2 представлений графік залежності енергетичного ккд системи від температури зовнішнього повітря (горизонтальна вісь) та температури повітря після конденсатора. Із наведеного вище графіку можна зробити висновок, що застосування теплового насоса для підігріву регенеративного повітря є доцільним. Витрати електроенергії на осушення робочого повітря суттєво зменшуються, від 2 до 7 разів, в порівнянні з базовою схемою без теплового насоса.

Перелік посилань:

1. Безродний М.К., Майстренко О.О. Консервування енергетичного обладнання методом продувки сухим повітрям- Енергетика та електрифікація, 2018.-3 ст.

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОПАЛИВНОЇ КОТЕЛЬНІ З ЕКОНОМАЙЗЕРОМ

Одними з найбільш актуальних завдань, що стоять перед державою останніми роками, є скорочення споживання дорогого імпортного палива – природного газу, а також збільшення частки використання відновлюваних джерел енергії. Основною можливістю залучення біомаси в енергосектор, на сьогодні, полягають у її використанні у якості палива при виробництві теплової енергії для забезпечення потреб споживачів в опаленні та гарячому водопостачанні.

В Україні актуальним на сьогодні питанням – є розробка та впровадження енергозберігаючих теплотехнологій у секторі виробництва теплової енергії з біомаси, що дозволять знизити рівень енергоспоживання на одиницю національного валового продукту. Однією з таких теплотехнологій є утилізація теплоти димових газів за рахунок глибокого охолодження продуктів згорання.

В роботі проаналізовано роботу водогрійної опалювальної котельні, в якій встановлено водогрійний твердопаливний котел тепловою потужністю 5 МВт та економайзер для глибокого охолодження димових газів тепловою потужністю 1 МВт. Виконано тепловий розрахунок біопаливної котельні для двох варіантів: без встановлення економайзера та із встановленням економайзера.

На основі результатів теплового розрахунку отримані наступні висновки.

1) За рахунок встановлення економайзера:

- а) втрати теплоти з димовими газами зменшуються з 22,6% до 7,98%;
- б) ККД збільшується на 13,6%: з 86,1% до 99,7% по $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ і з 72,9% до 86,5% по $Q_{\text{в}}^{\text{р}}$;
- в) економія палива складає: при номінальному режимі (потужність котла – 5000 кВт) – 241,2 кг/год; при розрахунковому режимі (потужність котла – 2944 кВт) – 129,6 кг/год;
- в) при сталій витраті палива котельнею, кількість корисно використаної в системі «котел-економайзер» теплоти: при номінальному режимі (потужність котла – 5000 кВт) – 5700 кВт; при розрахунковому режимі (потужність котла – 2944 кВт) – 3350 кВт.

2) На основі результатів розрахунків ККД котла, витрати палива, ККД системи "котел-економайзер" для різної вологості тріски можна зробити наступні висновки:

- а) встановлено, що при збільшенні вологості палива на 30% (від 20% до 50%), ККД котла зменшується на 7,2% (від 90% до 82,8%);
- б) встановлено, що при збільшенні вологості палива на 30% (від 20% до 50%), витрата палива в котлі збільшується на 1298,6 кг/год (від 2678,9 кг/год до 1380,3 кг/год);
- в) встановлено, що при збільшенні вологості палива на 30% (від 20% до 50%), максимальне ККД системи "котел-економайзер" збільшується на 13%.

Перелік посилань:

1. О. Єфімов, Сучасні технології глибокого охолодження продуктів згорання палива в котельних установках їх проблеми та шляхи вирішення, Харків, Монографія, 2017.
2. Ефімов А.В. Система глибокої утилізації теплоти газів, уходящих из котельных агрегатов [Текст] / А.В. Ефімов, А.Л. Гончаренко, Л.В. Гончаренко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХП», 2013.

УДК 621.43

Магістрант 5 курсу, гр. ТП-81мн Мухін М.С.
Проф., д.т.н. Варламов Г.Б.

ОСОБЛИВОСТІ АЕРОДИНАМІЧНИХ ТА ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ У ТОПЦІ КОТЛА КВГМ-20 ПРИ РОБОТІ ШТАТНОГО ПАЛЬНИКА РГМГ-20

Котел водогрійний газомазутний КВГМ-20 теплопродуктивністю 20 Гкал/год, має топкову камеру прямокутного перерізу і запроєктований на спалювання 2560 $\text{nm}^3/\text{год}$ газу із горизонтальним факелом у топці з використанням реєстрового пальника.

Конструктивні характеристики топкової камери мають наступні характеристики: об'єм топки 61,2 m^3 ; поверхня стін 114,2 m^2 ; радіаційна поверхня нагріву 106,6 m^2 ; діаметр труб 60x3 мм.

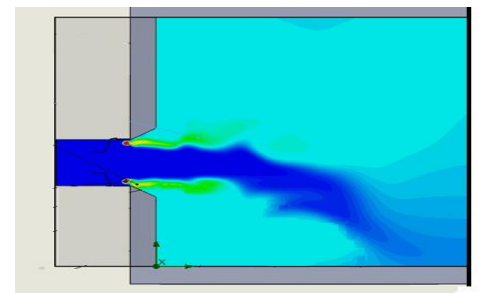
Продукти спалювання природного газу рухаються у задню частину топки, завихрюються на поворотному екрані і далі входять в конвективну шахту, де піднімаються вгору, а потім по спеціальному газоходу опускаються до димососа і через димову трубу викидаються в атмосферу.

На основі креслень та замірів, проведених на об'єкті, було побудовано 3D модель у ПК Solid Works роботи пальника у топці котла та концентрації газоповітряної суміші у процесі горіння (Рис. 1) для штатного А) та мікрофакельного Б) пальників котла [1]. Отримані результати свідчать про недосконалість процесів сумішоутворення у топці штатним пальником РГМГ-20, а саме: хаотичне згоряння газоповітряної суміші із догоранням палива у конвективній шахті, низьке значення теплоти, що передається випромінюванням від факелу до поверхонь нагріву, локальні перегріви конвективних поверхонь котла, що спричиняє збільшення витрат на ремонт екранних труб котла.

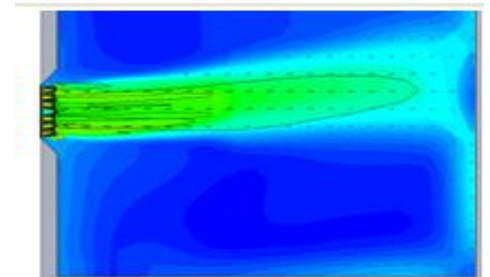
З метою усунення вказаних недоліків запропоновано заміну штатного пальника на мікрофакельний газовий пальник типу МГП-20 [2], застосування якого повністю усуває всі зазначені недоліки за рахунок: прямоточності руху газоповітряної суміші, комбінованого сумішеутворення (попереднього і дифузійного), стадійності і мікрофакельності спалювання, високій турбулізації і внутрішній рециркуляції потоків повітря та палива. Це дозволить досягнути високого рівня рівномірності температурного поля в топці, збільшити діапазон регулювання навантаження котла (10...100%) при незмінно високому рівні екологічності спалювання палива.

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. Варламов Г.Б., Родинков С.Ф., Приймак К.О., Оліневич Н.В., Варламов Д.Г. Многокамерная газовая горелка трубчатого типа. Євразийський патент № 21650 вид. 31.08.2015г. 3 стор.



А)



Б)

Рис. 1 - Розподіл концентрацій газу у топці котла у повздовжньому розрізі при роботі: А) штатного пальника; Б) мікрофакельного пальника типу МГП

УДК 536.2

Магістрант 5 курсу, гр. ТП-81мн Мухін М.С.
Доц., к.т.н. Куделя П.П.

ПРОБЛЕМА КОЕФІЦІЄНТА КОРИСНОЇ ДІЇ (ККД) В ЕНЕРГЕТИЦІ

Важко вказати величину, яка має в теоретичній і прикладній теплотехніці більше значення, ніж коефіцієнт ефективності енергоперетворюючих систем. Раніше такі коефіцієнти визначались лише з використанням Першого закону термодинаміки (енергетичний баланс) у вигляді відношення корисного енергетичного ефекта до необхідних енергетичних затрат на реалізацію даного ефекту. Як правило, такі безрозмірні коефіцієнти відносилися до коефіцієнтів корисної дії (ККД). Під назвою ККД використовувались різноманітні показники термодинамічної ефективності, в яких співставлялись якісно неоднорідні величини, наприклад, теплота та робота. Ігнорування якісних характеристик енергії приводить до плутанини ККД в енергетиці, а в результаті – до невірних рішень і економічних втрат (наприклад, ККД ТЕЦ і КЕС, опалювальних котелень, припущення про можливість появи вічного двигуна).

Введення поняття ексергії дозволило застосовувати для всіх форм енергії єдину якісну характеристику і ввести універсальне визначення ККД як відношення якісно однорідних величин (ексергій). Такі ККД, змінюючись в межах від 0 до 1, (що цілком логічно), показують ступінь наближення до термодинамічно ідеального процесу і називається ексергетичним ККД (в англійській літературі Exergy Efficiency або Second Law Efficiency). Всі коефіцієнти ефективності, в яких якість енергії не враховується, почали називати в зарубіжній літературі Coefficient of performance (скорочено COP – дослівно коефіцієнт використання), в нашій – коефіцієнт перетворення енергії (КПЕ). Загальний ексергетичний підхід до визначення ККД не виключає використання COP. Значення COP дає корисну для практики інформацію, показуючи кількісно скільки за даних умов одержується корисної енергії на одиницю затраченої, тобто як система виконує своє призначення. Разом з тим COP, на відміну від ексергетичного ККД, не дає об'єктивну інформацію щодо рівня термодинамічної досконалості технічних систем. Причина в тому, що у визначення COP якість енергії (Другий закон термодинаміки) не береться до уваги і результати невірно відображають рівень досконалості енергоперетворюючих процесів. Відмінність між показниками ефективності КПЕ і ексергетичним ККД має фундаментальне значення, оскільки її генерування веде до неправильних рішень. Ексергетичний ККД все в більшій мірі використовується як в теоретичних роботах, так і на практиці в енергетиці і других зв'язаних з нею галузях.

Перелік посилань:

1. Brodyansky V. The Efficiency of the Industrial Processes, Exergy Analysis and Optimization / V. Brodyansky, M. Sorin, P. Le Goff. – Amsterdam, 1994. – (Elsevier).

ВИКОРИСТАННЯ БІОМАСИ ЯК ПАЛИВА В МУНІЦИПАЛЬНОМУ СЕКТОРІ УКРАЇНИ

Збереження навколишнього природного середовища та зменшення викидів парникових газів є ключовими проблемами світової спільноти. Для вирішення цих проблем за останнє десятиліття було прийнято ряд міждержавних документів та кліматичних угод, які закріпили за Україною екологічні зобов'язання та цілі щодо скорочення викидів парникових газів (ПГ). Як відповідальна держава, Україна взяла на себе ці зобов'язання та запропонувала свій офіційний шлях до досягнення поставлених цілей. Ключовим елементом успіху на цьому шляху є нарощування потужностей відновлюваної енергетики (ВДЕ), зокрема широке залучення сільськогосподарської біомаси для виробництва теплової енергії та забезпечення гарячого водопостачання.

Основні цілі щодо розвитку сектора ВДЕ та скорочення викидів ПГ в Україні закладені в Енергетичній стратегії України на період до 2035 року, яка була затверджена розпорядженням КМУ № 605-р від 18 серпня 2017 року. Цим документом заплановано досягти частки ВДЕ у загальному первинному постачанні енергії 8% у 2020 р. та 25% у 2035 р.

Основними забруднюючими речовинами, що утворюються в процесі енергетичного використання біомаси, є оксиди азоту (NO_x), оксид вуглецю (CO), оксиди сірки (SO_x), сполуки хлору та тверді частки. За показниками викидів основних забруднюючих речовин, за винятком оксиду вуглецю (CO), енергетичне використання біомаси має значні переваги порівняно зі спалюванням вугілля. Разом з тим, деякі питомі викиди забруднюючих речовин від спалювання біомаси, зокрема викиди твердих частинок, перевищують граничнодопустимі концентрації, що вимагає використання методів зменшення обсягів забруднюючих речовин.

Впровадження відповідних заходів та встановлення системи очистки димових газів призводять до зростання вартості як самого котла, так і котельні в цілому. Ціна котла визначається переважно заводом-виробником залежно від конструктивних особливостей, використаних матеріалів та оснащеності. До складу ціни котла також входять первинні заходи зі зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Тому, як правило, дорожчі котли характеризуються кращими екологічними показниками. Витрати на додаткові системи очистки визначаються в залежності від обсягу утворення димових газів та питомої вартості газоочисного обладнання.

Малі установки, масова витрата забруднюючих речовин від яких не перевищує нормативну, можуть бути оснащені відносно недорогими системами очистки, вартість яких становить не більше 10% від вартості котла. Однак для більш потужних установок зі значними масовими витратами димових газів, викиди забруднюючих речовин від яких повинні відповідати суворим граничнодопустимим нормам, слід застосовувати комплексні та дорожчі системи очистки, вартість яких у середньому може сягати до 50% і більше від вартості котла.

Перелік посилань:

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року: Безпека, Енергоефективність, Конкурентоспроможність.
<http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=250250456>
2. <http://www.bioenergy.in.ua>
3. <http://www.ua.undp.org>
4. Abrams R. AirPollutionControlSystemfromBiomassBoilers / ConferenceproceedingsofBiomassSouth 2008. – Sweden, 2008

ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОТИ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ВИКИДІВ ДЛЯ НАГРІВАННЯ ПРИПЛИВНОГО ПОВІТРЯ

Громадські та промислові будівлі зазвичай обладнуються системами припливно-втяжної механічної вентиляції, які призначені для підтримання в приміщеннях цих будівель нормованих параметрів повітряного середовища.

В спеціальних припливних камерах, які можуть бути набірними і моноблочними, розміщується обладнання для очищення повітря від пилу, нагрівання, переміщення, а також для утилізації теплоти вентиляційних викидів.

Для адміністративної будівлі одного з підприємств, що розташоване в м. Києві, за відомими загальним внутрішнім об'ємом приміщень і нормативною кратністю повітрообміну визначена необхідна об'ємна витрата припливного повітря, що складає $V = 5400 \text{ м}^3/\text{год}$. Така ж витрата повітря видаляється з приміщень з температурою $t_{\text{вид}} = 23 \text{ }^\circ\text{C}$.

За розрахованою витратою повітря обрана моноблочна припливна установка повітропродуктивністю $5400 \text{ м}^3/\text{год}$, до складу якої входять повітряний фільтр, електрокалорифер, припливний та втяжний вентилятори, пластинчастий рекуператор.

В роботі виконана оцінка ефективності використання теплоутилізатора, який використовується для попереднього нагрівання припливного повітря.

Спочатку за розрахунковою температурою зовнішнього повітря $t_{\text{р.о}} = -22 \text{ }^\circ\text{C}$ визначена його густина $\rho_3 = 1,41 \text{ кг/м}^3$ та масова витрата $L_3 = 2,12 \text{ кг/с}$. Надалі з використанням $h-d$ діаграми визначені ентальпії зовнішнього та припливного повітря і за відомою формулою обчислений потік теплоти для нагрівання припливного повітря ($Q_{\text{к}} = 88 \text{ кВт}$). З урахуванням температур припливного повітря $t_{\text{п}} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$, середньої за опалювальний період для м. Києва $t_{\text{ср.о}} = -0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ і розрахункової на опалення $t_{\text{р.о}} = -22 \text{ }^\circ\text{C}$ визначений середній потік теплоти для нагрівання припливного повітря ($Q_{\text{к.ср}} = 45 \text{ кВт}$).

Річна витрата теплоти на нагрівання припливного повітря, ГДж/рік, визначена за формулою

$$Q_{\text{к.річ}} = Q_{\text{к.ср}} n_o z_{\text{в}} 3,6 \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

де n_o – продовжуваність опалювального періоду, діб; $z_{\text{в}}$ – кількість годин роботи вентиляції за добу.

Беремо за кліматологічними даними $n_o = 176$ діб; $z_{\text{в}} = 16$ год/добу (для вентиляції з обмеженням), тоді величина $Q_{\text{к.річ}}$ складе 456 ГДж/рік .

За методикою [1] обчислена кінцева температура припливного повітря після теплоутилізатора $t_{\text{н2}} = -3,6 \text{ }^\circ\text{C}$, а розрахунковий потік утилізованої теплоти – $Q_{\text{ут}} = 36 \text{ кВт}$ і середня його величина $Q_{\text{ут.ср}} = 18,5 \text{ кВт}$.

Річна кількість утилізованої теплоти, що визначена за формулою виду (1) складає $Q_{\text{ут.річ}} = 187,5 \text{ ГДж/рік}$, а енергетична ефективність утилізації – 41% .

Економічна ефективність утилізації теплоти вентиляційних викидів, грн/рік

$$E_{\text{ф}} = Q_{\text{ут.річ}} C_{\text{т}}, \quad (2)$$

де $C_{\text{т}}$ – вартість одиниці теплоти, що використовується для нагрівання припливного повітря, грн/ГДж, яка дорівнює $1654,41 \text{ грн/ГКал}$ ($394,85 \text{ грн/ГДж}$).

Тоді ефективність утилізації теплоти вентиляційних викидів складе 74034 грн/рік .

Перелік посилань:

1. Боженко М.Ф. Енергозбереження в теплопостачанні: Навч. посіб./ М.Ф.Боженко, В.П.Сало. - Київ. : НТУУ «КПІ», 2008. – 268 с.

УДК 697.9

Магістрантка 1 курсу, гр. ТП-381мп Нестеренко Л. В.
Магістрант 1 курсу, гр. ТП-81мн Стринада П. С.
Доц., к.т.н. Боженко М.Ф.

ПОРІВНЯЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВІТРОНАГРІВАЧІВ В СИСТЕМАХ МЕХАНІЧНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Для однієї з громадських будівель у м. Києві влаштована система механічної вентиляції та обрана припливно-витяжна установка повітропродуктивністю 5400 м³/год з пластинчастим рекуператором, в якому за рахунок утилізації теплоти витяжного повітря попередньо нагрівається зовнішнє повітря. Подальший підігрів припливного повітря здійснюється у повітронагрівачі, розрахункові витрати теплоти на нагрівання якого до температури 21°C складають 88 кВт, а середня величина за опалювальний період – 45 кВт. За відомими залежностями визначена річна витрата теплоти на нагрівання повітря, яка складає 456 ГДж/рік.

Для нагрівання повітря в системах механічної вентиляції можуть бути використані електричні або водяні повітронагрівачі.

Вибір найбільш ефективного типу повітронагрівача здійснено за меншою величиною зведених витрат, грн, які розраховані за формулою [1]

$$B_{зв} = K_{п} + (B_{екс} + aK_{п}) z_{н}, \quad (1)$$

де $K_{п}$ – капіталовкладення у відповідні варіанти, грн; a – коефіцієнт амортизаційних відрахувань, 1/рік; $B_{екс}$ – експлуатаційні витрати, грн/рік; $z_{н}$ – нормативний термін окупності додаткових капіталовкладень, років.

В розрахунках брали величину $a = 0,025$ 1/рік, а $z_{н} = 8,33$ років.

Капіталовкладення включають вартість відповідного повітронагрівача і трубопроводів та запірно-регульовальної арматури для водяного калорифера; кабелів електричної мережі та електричного щитка – для електричного, величини яких складають:

- при електричному нагріві $K_{ел} = 38050$ грн;
- при водяному нагріві $K_{в} = 86300$ грн.

Річні експлуатаційні витрати обумовлюються відповідними витратами електричної чи теплової енергії для нагрівання повітря за опалювальний період, визначені за відомими співвідношеннями, при цьому вартість електроенергії для не бюджетних споживачів брали 2,048 грн/кВт·год, а теплової енергії – 1825,45 грн/Гкал (435,67 грн/ГДж). В результаті отримані значення:

- при електричному нагріві $B_{екс. ел} = 259520$ грн/рік;
- при водяному нагріві $B_{екс. в} = 198665$ грн/рік.

Зведені витрати, які визначені за формулою (1), складуть:

- при електричному нагріві $B_{зв. ел} = 2207775$ грн;
- при водяному нагріві $B_{зв. в} = 1759150$ грн.

Таким чином, не дивлячись на підвищені капіталовкладення при використанні водяного нагріву, зведені витрати у водяний повітронагрівач менші, ніж на електричний на 448625 грн, тому для обраної припливно-витяжної установки більш доцільно встановлення водяного повітронагрівача.

Перелік посилань:

1. Боженко М.Ф. Енергозбереження в тепlopостачанні: Навч. посіб./ М.Ф.Боженко, В.П.Сало. - Київ. : НТУУ «КПІ», 2008. – 268 с.

Магістрант 1 курсу, гр. ТП-81мп Нікітенко Н.О.
Доц., к.т.н. Боженко М.Ф.

УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОТИ ДИМОВИХ ГАЗІВ КОТЕЛЕНЬ НЕВЕЛИКОЇ ТЕПЛОПРОДУКТИВНОСТІ

Одним з основних споживачів енергоресурсів в Україні на сьогоднішній день є системи централізованого і помірно-централізованого теплопостачання. Не дивлячись на низку практичних та науково-методичних проблем в централізованому теплопостачанні, вітчизняні та закордонні спеціалісти впевнені, що майбутнє теплопостачання великих населених пунктів полягає в розвитку, розширенні та модернізації централізованого теплопостачання, оскільки воно має цілий ряд стратегічних переваг.

В індивідуальних котельнях систем помірно-централізованого теплопостачання встановлюються водогрійні котли невеликої потужності, які працюють на природній тязі, з температурою димових газів на виході більше як 140°C. Зниження цієї температури сприятиме підвищенню ККД котлів, а встановлені за ними теплоутилізатори можуть бути використані для покриття навантажень власних потреб та зовнішніх споживачів.

Як приклад, розглянута опалювальна водогрійна котельня теплопродуктивністю 3МВт з трьома котлами фірми Viessmann типу Vitorond 200. Котли працюють на природному газі з температурою відхідних газів 180 °С.

За заданим складом природного газу за методикою [1] визначені вологовміст димових газів(d) і масова витрата сухих димових газів(G_r) які відповідно складають:

$$d=0,128 \text{ кг/кг}, G_r=13,97 \text{ кг/м}^3.$$

Маса сухих димових газів на виході з одного котла визначається за формулою

$$L_r^c = \left(\frac{B_k}{3600 \cdot \rho_r} \cdot G_r \right), \quad (1)$$

де B_k –витрата природного газу на котел, кг/год; ρ_r –густина природного газу, кг/м³.

При величині $B_k=1595$ кг/год і $\rho_r=0,7$ м³/кг величина $L_r^c=8,84$ кг/с.

За методикою [1] визначені ентальпії димових газів на вході в утилізатор з температурою 180°C і виході з температурою 60°C («сухий» режим роботи утилізатора), які відповідно складають: $h_r^i=545,4$ кДж/кг і $h_r^{ii}=395$ кДж/кг.

Можливий потік утилізованої теплоти визначається за формулою

$$Q_{yt}=L_r^c(h_r^i-h_r^{ii}) \quad (2)$$

Розрахована величина складає 1330 кВт;

З урахуванням середньої температури за опалювальний період $t_{cp,o}=1,3^\circ\text{C}$ (м. Херсон) і розрахункової на опалення $t_{p,o}= - 19^\circ\text{C}$ визначена середня величина потоку утилізованої теплоти, яка складає 638 кВт.

Річну кількість утилізованої теплоти за одним котлом за опалювальний період, ГДж/рік, визначали за формулою

$$Q_{рiч,y}=Q_{yt,ср} \cdot n_o \cdot 24 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

де n_o –продовжуваність опалювального періоду, діб.

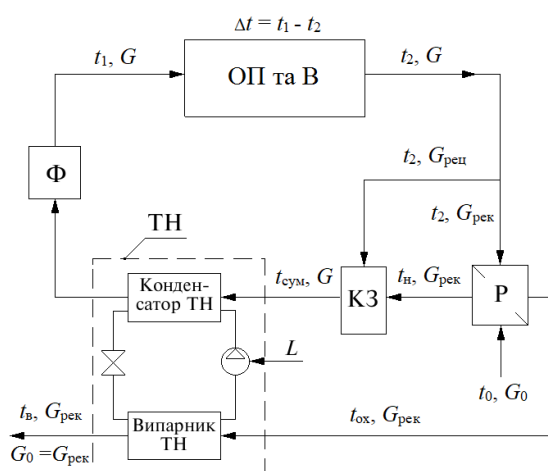
При $n_o=163$ доби величина $Q_{рiч,y}=8985$ ГДж/рік, отже при вартості теплоти 1654,4 грн/Гкал (394,85 грн/ГДж) економічний ефект утилізації складає біля 3 млн. грн.

Перелік посилань:

1.Боженко М.Ф. Енергозбереження в теплопостачанні: навч. посіб. / М.Ф. Боженко, В.П. Сало. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 268 с.

ТЕПЛОНАСОСНА СИСТЕМА ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ З РЕКУПЕРАТОРОМ ТЕПЛОТИ ТА РЕЦИРКУЛЯЦІЄЮ ВІДПРАЦЬОВАНОГО ПОВІТРЯ

В Україні, на сьогоднішній день, з дефіцитом таких джерел енергії, як вугілля та природний газ, все більше підприємств переходять на сучасні технології з використанням відновлювальних джерел енергії [1-2]. Яскравим прикладом сучасних технологій є теплові насоси (ТН), що набули широкого використання через змогу зменшити забруднення навколишнього середовища та доступність джерел теплоти (відпрацьованого повітря), що використовуються в ТН. Однак присутній значний недолік – втрата потужності та ефективності зі зниженням температури повітря[2]. Метою даного дослідження є пошук шляхів вирішення цього недоліку, а саме пошук умов максимального підвищення енергетичної ефективності роботи теплонасосних систем (ТНС) повітряного опалення та вентиляції будівель шляхом комбінації ТН та засобів раціонального використання теплоти відпрацьованого вентиляційного повітря.



Проведено термодинамічний та числовий аналіз енергетичної ефективності вказаної ТНС на рис. 1. Для досліджуваного об'єкту з використанням наведеної схеми, було проведено моделювання за допомогою програми SolidWorks.

Рис 1. ТНС повітряного опалення і вентиляції з використанням рекуператора теплоти та з частковою рециркуляцією відпрацьованого повітря: ОП та В – об'єкт опалення та вентиляції; ТН – тепловий насос; Р – рекуператор; Ф – фільтр; КЗ – камера змішування.

Встановлено, що комбінована ТНС опалення та вентиляції з рекуператором теплоти та частковою рециркуляцією вентиляційного повітря має максимальний енергетичний ефект при розміщенні камери змішування потоків відпрацьованого та свіжого повітря перед конденсатором ТН. При порівнянні двох способів утилізації теплоти відпрацьованого вентиляційного повітря (шляхом рециркуляції і рекуперації) перевагу слід віддавати рекуперації, оскільки вона створює більш сприятливі умови для роботи ТН і забезпечує більш високу енергетичну ефективність всієї ТНС повітряного опалення та вентиляції. Додаткове застосування рециркуляції в теплонасосно-рекуператорній схемі опалення та вентиляції дає значний позитивний енергетичний ефект тільки при невисоких значеннях коефіцієнта рекуперації, зі збільшенням якого енергетичний ефект зменшується.

Перелік посилань:

1. Гершкович В. Ф. Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами / В. Ф. Гершкович. – К.: Украинская Академия Архитектуры ЧП “Энергоминимум”, 2009. – 60 с
2. Безродний М.К., Притула Н.О. Термодинамічна та енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 272 с.

СУЧАСНІ СОНЯЧНІ ТЕРМОДИНАМІЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ В ЄВРОПІ І АМЕРИЦІ

Відомі два основних методи перетворення сонячної енергії в електричу – через фотоелектричні перетворювачі і через термодинамічний цикл з використанням концентраторів для виробництва пари в сонячних котлах. Наприкінці 2011 року існувала глобальна термодинамічна сонячна потужність (SSC) майже 1,5 гігават (GW) і більше 3 ГВт електростанцій, що будуються, згідно з даними Міжнародного енергетичного агентства (IEA). Іспанія з 900 МВт встановленої потужності та США (500 МВт) концентрує майже всі термодинамічні електростанції. На згадану дату.

США, ельдорадо для сонячної термодинаміки/Серед найбільших проектів у світі, що ведуться і субсидованих адміністрацією Обама, є три сонячні теплові електростанції, проект Ivanpah, загальною потужністю 392 МВт. Розташований в пустелі Мохаве в Каліфорнії і розроблений BrightSource Energy Group, проект складається з 173 000 геліостатів. Перший завод планується завершити і підключити в 2012 році, у другій половині 2013 року, а третій - у кінці 2013 року. Запланований проект Starwood Solar І потужністю 290 МВт - 2013 рік. Вона включатиме більше 3000 параболічних дзеркал у долині Харкуагала, поблизу Фенікса, штат Арізона.

Інший проект, що був введений в експлуатацію в 2013 році в Арізоні, - це теплова електростанція "Солана" потужністю 250 МВт, побудована компанією Abengoa Solar біля Gila Bend. 6000 MW введений в експлуатацію у 2017 році компанією BrightSource для компанії Pacific Gas & Electric Company (PG & E) в Койот Спрінг, штат Невада. Інший каліфорнійський мегапроект, який спочатку планувався на Блайт для чотирьох теплових електростанцій потужністю 250 МВт (1000 МВт), повинен був пілотувати Chevron у партнерстві з німецьким Solar Millenium через свою дочірню компанію Palo Verde Solar. Але останній оголосив наприкінці серпня 2011 року, що він відмовився від будівництва з питань рентабельності. Натомість будуть встановлені традиційні фотоелектричні панелі. Це оголошення стало однією з ілюстрацій кризи «Сонячного тисячоліття» перед банкрутством у грудні 2011 року.

Крім США, в Іспанії також ведуться інші дуже масштабні проекти з термодинамічної сонячної електростанції, де Soluar Andalusian планує досягти 300 МВт у 2013 році.

У Китаї серія сонячних теплових електростанцій загальною потужністю 2 ГВт очікується до 2020 року і має бути побудованою американським розробником eSolar з китайською групою Penglai Electric. Хоча в Індії, eSolar також планує 1 ГВт рослин у 2019 році з індійською групою ACME.

Перелік посилань:

1. www.actu-environnement.com – сайт Actu Environnement
2. <https://wikipedia.org/>
3. <https://phys.org/> - сайт PHYS ORG

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ТЕЧІЇ В АКТИВНІЙ ЗОНІ КОНТАКТНОГО ГАЗОРІДИННОГО АПАРАТУ

Дослідження можливих режимів течії в активній зоні контактного газорідинного апарату і умов їх виникнення має велике значення для визначення оптимальних режимів роботи, при яких буде вирішена задача контактної теплообміну при одночасному забезпеченні мінімальних питомих енергетичних витрат, мінімальної матеріаломісткості і габаритів апарату.

Ці дослідження були проведені на моделі контактної апарату з прозорими корпусом і барботажною трубою, що дозволило візуалізувати режими течії в трубі. Принципова схема установки представлена на рис.1. Контактний теплообмінник включає корпус 1 газопідвідний патрубок 2, газорідинний патрубок 3, патрубок 4 для підведення холодної рідини та патрубок 5 для відведення нагрітої рідини, трубну дошку 6, яка ділить внутрішній простір корпусу 1 на вхідну 7 та вихідну 8 камери, трубчаті теплопередавальні елементи 9, що частково виступають у вхідну 7 та вихідну 8 камери, 4 регулятор рівня рідини 10 та сепаратор 11 [1].

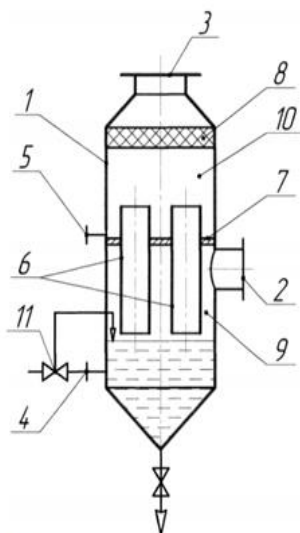


Рис.1 Принципова схема установки

Аналіз можливих гідродинамічних режимів в контактному апараті показав, що співвідношення площ щілини і поперечного перерізу труби $\beta = F\delta / Fd$ має визначальний вплив на виникнення характерних гідродинамічних режимів. Якщо $\beta = 1$, то швидкість повітря в зазорі і в трубі однакова. При $\beta < 1$ швидкість в щілині більше ніж в трубі. При цьому захоплення рідини потоком повітря у внутрішню частину труби відбувається при менших швидкостях в трубі і режим захливання в трубі (ідентифікується по стрибку втрат тиску) настає при менших швидкостях газового потоку.

Зі збільшенням приведеної швидкості повітря в трубі відбувається поступове зростання втрат тиску в апараті. При досягненні певної критичної швидкості відбувається стрибкоподібне збільшення втрат тиску (так зване захливання) з утворенням в нижній частині труби водяної пробки, через яку барботує повітря. β визначає швидкість в барботажній трубі, при якій настає режим захливання. При подальшому збільшенні витрати повітря темп зростання втрат тиску сповільнюється з тенденцією виходу на постійне значення - відбувається руйнування водяної пробки з трансформацією режиму течії в кільцевий двофазний потік (повітря в ядрі, плівка рідини на стінці).

Чим більша довжина труби, тим більш активна сепарація рідини на її стінках, та менше крапель викидається з труби. В результаті, захливання відбувається при меншій швидкості повітря. В той же час, на довших трубах, спостерігаються вищі втрати тиску при трансформації потоку в кільцевий режим, так як потрібно витратити більше енергії для викидання водяної пробки з труби.

Перелік посилань:

1. Патент України на корисну модель № 121684, Барабаш П.О., Соломаха А. С., Куделя П.П., Панченко О.О., бюл. №23/2017 від 11.12.2017.

УДК 620.9

Магістант 1 курсу гр. ТП-381мп Рудика О.А.
Асист. Шовкалюк Ю.В.

ІНДИВІДУАЛЬНА ДАХОВА КОТЕЛЬНЯ ДЛЯ ЖИТЛОВО-ОФІСНОГО КОМПЛЕКСУ ПО ПРОВУЛКУ КЛЕНОВОМУ 7, У ПЕЧЕРСЬКОМУ РАЙОНІ МІСТА КИЄВА.

Автономні котельні у багатоповерхових будинках є вигідним та економічно обґрунтованим рішенням, яке дозволяє забезпечити не лише незалежну від загальноміської систему подачу тепла, а й суттєво економити. Дахова котельня є новітнім досягненням в галузі енергозабезпечення приміщень та їх обігріву. Найімовірніше, в недалекому майбутньому дахові варіанти витіснять котельні інших видів.

В нашій роботі, розробляємо проект дахової водогрійної котельні для об'єкту «Будівництво житлово-офісного комплексу з центром дозвілля та торгівлі, спортивно-оздоровчими приміщеннями та паркінгом по пров. Кленовому, 7 у Печерському районі м. Києва. Проектом передбачено влаштування водогрійної котельні потужністю 2800кВт та всіх внутрішніх інженерних мереж необхідних для її функціонування. Паливом котельні прийнятий природний газ. Резервне паливо не передбачається.

В якості теплогенеруючого обладнання застосовуються 28 проточних водонагрівачі "Logamax plus GB162-100" потужністю 99,5 кВт кожен фірми "Buderus". Сумарно потужність складає $Q_{вст.} = 28 \times 99,5 = 2786$ кВт $\approx 2,8$ МВт. Робота котельні передбачена без постійного обслуговуючого персоналу з виводом узагальненого сигналу несправності в місце перебування чергового персоналу по об'єкту. Межею проектування являються будівельні осі котельні.

Згідно проекту, теплова мережа виходить з котельні та підключається в ІТП до систем опалення, вентиляції та ГВП по незалежній схемі з циркуляційними насосами на подаючому трубопроводі. Комплектна система керування кожного з нагрівачів разом з спеціфікованим "погодним" контролером забезпечує автоматичне управління теплогенераторами залежно від зовнішньої температури повітря і теплового навантаження споживачів з урахуванням режиму теплоспоживання. [1]

Проектом передбачається знекиснення підживлюючої води, засноване на окисно-відновних процесах з використанням кисню і спеціальних відновників для зниження корозії в трубах. Розчин хімреагенту готують в баку, захищеному від контакту з атмосферою, і потім за допомогою насоса-дозатора ЕМЕС FASO 10 0.6 вводять в воду.

Нагрівач "Logamax plus GB162-100" представляє собою навісну конструкцію, що дозволяє значно економити площу котельні, а також зменшити трудові затрати при монтажі і технічному обслуговуванні. Можливість незалежної роботи кожного із нагрівачів забезпечує максимальний сезонний коефіцієнт корисної дії, низький викид в атмосферу шкідливих речовин та мінімальний рівень шуму. [1]

На основі проведеної роботи, можна зробити висновок, що серед вагомих переваг дахової котельні у порівнянні з теплопостачанням від комунальних служб міста – істотне підвищення енергоефективності системи теплопостачання за рахунок відсутності теплотрас. Втрати від таких мереж досягають 30% і більше (залежно від виробленої кількості тепла). Крім того, така конструкція на даху суттєво покращує екологічні умови проживання мешканців, оскільки розсіювання продуктів згоряння на даху сприятливіше, ніж коли котельня розташована внизу.

Перелік посилань:

1. Технический паспорт, инструкция по монтажу и техническому обслуживанию конденсационного настенного газового котла Logamax plus GB162-65/80/100.

ОСНОВНИЙ ПРИНЦИП ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМІ ОПАЛЕННЯ

Викладено результати термодинамічного аналізу енергетичних перетворень в системі опалення. В системі від джерела теплоти ($T_{дж}$) відводиться тепловий потік ($Q_{дж}$); частина цього потоку в кількості Q_k використовується корисно при температурі T_k , решта ($Q_{вт}$) - втрати тепла крізь ізоляцію ($T_{вт}$) в навколишнє середовище. Виведено рівняння для коефіцієнтів ефективності системи – коефіцієнта перетворень енергії (КПЕ), одержаного на енергетичній основі (енергетичний баланс) та для ексергетичного ККД $\eta_{ек}$ - на ексергетичний (ексергетичний баланс). З їх аналізу одержано наступні висновки:

1) Для збільшення ексергетичної ефективності опалювальної системи необхідно наближати $КПЕ \rightarrow 1$ настільки, наскільки це можливо, а температури $T_{дж}$ і T_k повинні бути по можливості ближча одна до одної, тобто необхідно узгодження між температурами джерела і споживача ($\eta_{ек} \rightarrow 1, КПЕ \rightarrow 1$ а $T_{дж} \rightarrow T_k$).

2) Ексергетичний підхід обумовлює застосування низькоякісних (низькотемпературних, низькопотенціальних) джерел теплоти для задоволення потреб, тобто обумовлює забезпечення відповідності якості (вмісту ексергії), що виробляється (затрачується), та ексергії, що споживається. Приклади низькоексергетичних джерел теплоти: сонячна радіація, геотермальна енергія, теплота промислових викидів (ВЕР), теплота когенераційних установок.

Системи, які дозволяють використовувати низькоякісну енергію в якості джерела теплоти називаються низькоексергетичними (НЕС). Більш точне і широке визначення НЕС – це системи які забезпечують необхідний тепловий комфорт в приміщенні з мінімальними втратами ексергії. Це дозволяє знайти оптимальне узгодження між необхідною ексергією та затраченою.

3) В ексергетично ефективних системах опалення для одержання низькотемпературно теплоти недоцільно з позиції термодинаміки використовувати безпосередньо (прямо) процеси спалювання палива. Сучасні котли вважаються системами з високою енергетичною ефективністю (до 95...97%). Проте, оскільки в них відбувається процес згорання палива з передачею теплоти при значній різниці теплоти для отримання низько ексергетичної (низькотемпературної теплоти, то ексергетична ефективність характеризується низьким значенням $\eta_{ек} = 8 \dots 12\%$. Отже, розрахунки по збереженню ПЕР на базі енергетичного підходу самі по собі недостатні для одержання повного уявлення про процес використання енергії. В Німеччині, наприклад, загальна енергетична ефективність систем теплопостачання $ЖКС \approx 70\%$, енергетична ефективність характеризується значення $\eta_{ек} \approx 10\%$. Спалювання палива слід використовувати для одержання високоексергетичної теплоти, тобто для промислових процесів.

Перелік посилань:

1. Low exergy systems for high-performance buildings and communities. Annex 49 summary report ECBC. – Fraunhofer IBP. – 2001. Місце доступу [www.ecbc.org]

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ УКРАЇНИ

Природний газ є стратегічним енергетичним ресурсом, який використовується, як паливо для побутових і промислових потреб. Доставка газу споживачам здійснюється переважно магістральними газопроводами за допомогою газоперекачувальних агрегатів (ГПА) з газотурбінним приводом. На власні потреби магістрального транспортування газу також витрачається технологічний природний газ, тому контроль витрат технологічного природного газу на власні потреби є актуальним завданням.

З метою забезпечення надійного транспортування газу проводиться реконструкція компресорних станцій шляхом заміни ГПА, що відпрацювали свій моторесурс, на високоефективні двигуни потужністю 6, 10, 16 та 25 МВт з високим коефіцієнтом корисної дії [1].

Для оцінки ефективності витрати природного газу на власні потреби для ГПА з газотурбінним приводом використовуються наступні показники енергоефективності:

- коефіцієнт корисної дії газоперекачувального агрегату;

$$\eta_{zna} = \eta_e \cdot \eta_{пол}, \text{ де}$$

η_e - ефективний ККД газотурбінної установки;

$\eta_{пол}$ - політропний ККД відцентрового нагнітача.

- питома витрата газу, газотурбінного ГПА.

В наслідок того, що в експлуатаційних умовах (через значне зношення проточної частини як ГТУ так і відцентрового нагнітача, практично завжди є зміна у значеннях показника η_{zna} . ККД ГПА переважно залежить від η_e ГТУ (25-35%), так як, ККД нагнітача становить приблизно 90-95%.

В даний момент, проводиться реконструкція компресорної станції Бар (Вінницька область), де передбачається заміна двох існуючих ГПА типу ГТК-10І з (10 МВт, ККД 28%) [2] на сучасні ГПА типу PGT25-LDE (25 МВт, ККД 35%) [3], виробництва GE.

Слід зазначити, що високий ККД сучасних ГПА, досягається за рахунок наступних чинників:

- підвищення робочої температури в камері згоряння;
- використання жаростійких та жароміцних сплавів;
- використання розвинутої системи охолодження робочих частин лопаток турбіни;
- покращення аеродинамічних характеристик проточної частини осьового компресора та турбін високого та низького тиску;
- покращення системи ущільнення проточної частини;
- покращення процесу згоряння (технологія DLE) в камері згоряння.

Перелік посилань:

1. Офіційний веб-сайт підприємства <http://utg.ua/>
2. Довідник працівника газотранспортного підприємства/ В.В. Рогознюк, А.А. Руднік, В.М. Коломєєв, М.А. Григіль, Ю.М. Герасименко – Київ: РОСТОК, 2001.– с.1090.
3. Офіційний веб-сайт підприємства [https:// ge.com/oilandgas](https://ge.com/oilandgas)
4. Китаєв С.В. Экспресс-способ определения показателей энергоэффективности газоперекачивающих агрегатов/ С.В. Китаєв, Р.Р. Фарухшина – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2015. – с. 19-22.
5. Поршаков Б.П. Газотурбинные установки/ Б.П. Поршаков, А.А. Апостолов, В.И. Никишин: - М: «Нефть и газ», 2003. – 240 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТЕПЛОНАСОСНОГО ОПРІСНЮВАЧА ВОДИ

Прісна вода є одним з найважливіших природних ресурсів та сировиною для промисловості і енергетики. Для споживання людиною, використанню в промисловості, енергетиці, господарстві вода має мати певну якість. Внаслідок глобального росту промисловості і росту населення Землі загалом, навіть в регіонах багатих річками та озерами вода стала комерційним продуктом. Все частіше як джерело прісної води розглядають світовий океан. Середній приріст світових потужностей по опрісненню води становить 10%. В наш час основними технологіями для опріснення води є дистиллятори, що виробляють 60% опрісненої води і зворотній осмос 40%.

Одним з можливих варіантів проведення процесу є термічна дистилляція. В дистилляційних випарних апаратах можна досягти найвищої якості очистки. При рекуперації тепла фазового переходу затрати енергії складуть 70 – 80 кВт·год/м³ для 8-10 ступенів.

В теплонасосних опріснювачах (ТНО) генерація і рекуперація тепла фазових перетворень води здійснюється зворотнім термодинамічним циклом. Використовують тепловий насос з низькокиплячим робочим тілом. Затрати енергії 22 – 50 кВт·год/м³. В роботі здійснено термодинамічний аналіз процесів, що мають місце в такому теплонасосному опріснювачі (див. рис.1)

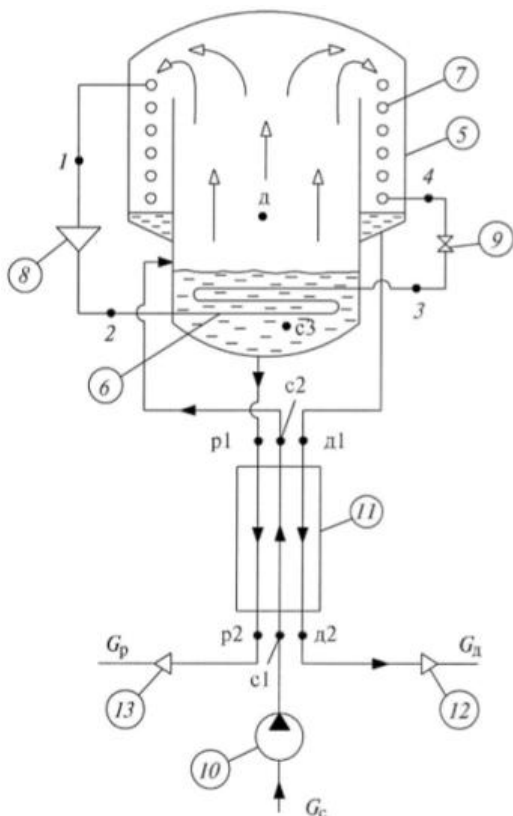


Рис. 1. Принципова схема теплонасосної установки [1]

1 – 2 – стиснення робочого тіла; 2 – 3 – охолодження і конденсація робочого тіла; 3 – 4 – дроселювання рідкого робочого тіла; 4 – 1 – кипіння робочого тіла. 5 – герметичний посуд; 6 – конденсатор; 7 – випарник; 8 – компресор; 9 – дросель; 10 – насос для подачі солоної води; 11 – рекуперативний ТО; 12 – відвід прісної води; 13 – відвід концентрату.

Перелік посилань:

1. Калінін І.М., Жернаков А.С.-Фізична модель теплонасосних опріснювачів солоної води.

УДК 620.9

Магістрант 5 курсу, гр. ТП-81мп Татарин Б.П.
Ст.викл. Шовкалюк Ю.В.

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИБОРУ НАСОСІВ РЕЦИРКУЛЯЦІЇ КОТЕЛЬНІ

Згідно до рекомендацій закордонних виробників, рециркуляційні насоси вибирають згідно залежності: 30% від $G_{\text{котла}}$. В Україні же вибір регламентуються нормами ДБН, за якими розрахунок циркуляційних насосів проводиться для двох режимів: максимальний зимовий і перехідний.

З досвіду практичного використання, не завжди ці насоси забезпечують необхідну температуру на вході в котел, тому було проведено розрахунок з кроком в 1°C для виявлення можливої невідповідності теоретичної витрати лінії рециркуляції з фактично необхідною.

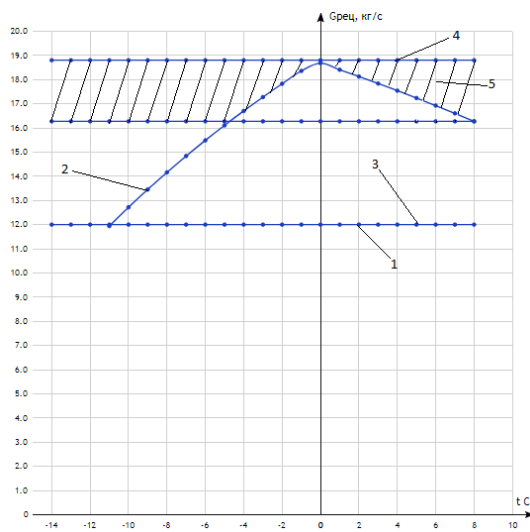


Рисунок 1. Залежність G_{rec} від t_n .

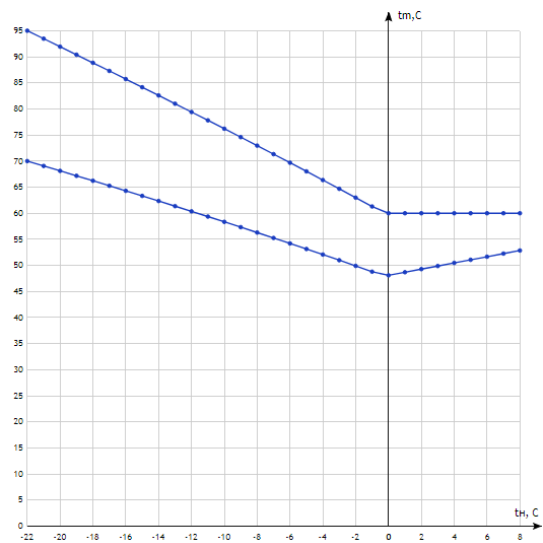


Рисунок 2. Залежність t_1 і t_2 від t_n .

- 1 - рекомендації виробників
- 2- фактична необхідна температура на вході в котел
- 3- рекомендації згідно ДБН України
- 4- по встановленому обладнанні
- 5- потенціал економії електроенергії

З аналізу рисунка 1 і 2 можна зробити наступні висновки:

1. встановлення насосів рециркуляції за рекомендаціями виробників, не забезпечує необхідну температуру теплоносія на вході в котел;
2. встановлення циркуляційних насосів за нормативами України також не в усьому діапазоні роботи насоса не забезпечує необхідну мінімальну температуру;
3. вибір насоса рециркуляції необхідно здійснювати за максимальною витратою перевіряючи весь діапазон зовнішніх температур, коли насос повинен працювати.

Встановлення насосу з частотним регулюванням дозволяє економити експлуатаційні витрати у вигляді електроенергії на живлення насоса рециркуляції.

Перелік посилань:

1. Боженко М.Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: Навч. посіб. / М.Ф. Боженко, В.П. Сало. – К.: ІВЦ „Видавництво „Політехніка”, 2004. – 192 с.
2. ДБН В.2.5-77:2014. Котельні.

УДК 621.311.243

Магістрант 1 курсу, гр. ТП-81мп Тищенко П.І.
Проф., д.т.н. Пуховий І.І.

СОНЯЧНІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ПАНЕЛІ ТА СОНЯЧНІ ТЕРМІЧНІ КОЛЕКТОРИ:

Сонячна енергія є широко використовувана в усьому світі. Близько 70% сонячного світла відбивається назад у космос, і ми маємо лише 30% для задоволення наших енергетичних потреб. Сонячна енергія використовується не тільки для отримання електроенергії, а і в інших процесах.

Виробництво електроенергії. Сонце є найбільш універсальним поновлюваним джерело енергії, яке ще буде сяяти мільярди років, поки весь водень не перетвориться в гелій. Відомі два типи сонячних електростанцій:

1. Термодинамічні
2. Фотоелектричні

Термодинамічні називають так через використання термодинамічних циклів і концентрування сонячної енергії.

Фотоелектричні – це ті, які використовують світло та спеціальні елементи. У всьому світі їх називають “PV перетворювачі” або “фотовольтаїка” (Ph-фото, V-вольтаїка).

Перший тип вимагає тривалого безхмарного періоду і використовується в країнах, які знаходяться або не далеко від екватора. Найбільш потужна така електростанція знаходиться в місцевості IVANPAH - Каліфорнія.

Основні характеристики електростанції IVANPAH:

1. Річне виробництво електроенергії: 1080 млн. кВт·год в рік
2. Електрична потужність: 377-392 МВт

Характеристика обладнання:

1. Кількість енергоблоків: 3
2. Кількість та марка турбін: Siemens SST-900
3. Колектори дзеркальні, штук: 175500

PV електростанції можуть застосовуватись скрізь, але в полярних районах взимку вони не працездатні. PV панелі широко розповсюджені в домашніх господарствах. В Україні існують лише електростанції з фото панелями.

Гаряче водопостачання. Порівняємо теплові сонячні колектори з фотоелектричними панелями при їх використанні для ГВП.

Тепловий колектор коштує 200 – 400 USD за квадратний метр, з якого можливо отримати в середньому за літній день в Україні близько 400 Вт теплоти. При цьому 1 Вт коштуватиме 0,5 - 1 USD за Вт. PV елементи закуплені по оптовій ціні, нині мають вартість біля 0,5 - 0,6 USD за Вт.

Таким чином, в деяких випадках має сенс використовувати фотовольтаїку для автономного гарячого водопостачання.

Перелік посилань:

1. ivanpahsolar.com - офіційний сайт IVANPAH
2. <https://wikipedia.org/>
3. <http://www.brightsourceenergy.com/> - сайт Brightsource energy
4. <http://www.conserve-energy-future.com/> - Conserve Energy Future website

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЬНІЗАЦІЇ ПАЛЬНИКОВІ СИСТЕМИ КОТЛА ПТВМ-180 ПРИ ЗАСТОСУВАННІ МІКРО-ФАКЕЛЬНИХ ПАЛЬНИКІВ

Мікрофакельний газо-мазутний паливник типу МГМП-9 призначений для роботи на пікових водогрійних котлах типу ПТВМ-180. Конструктивно паливник встановлюється в існуючу амбразуру котла (рис.1). Паливник підключається до існуючих газових, мазутних та повітряних магістралей без порушення існуючої структури котла.



Рис.1 Загальний вигляд мікрофакельного газо-мазутного паливника МГМП-9

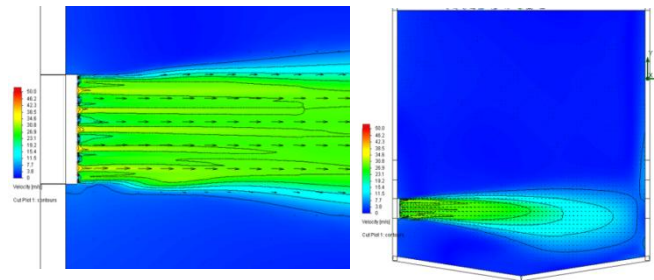


Рис.2 - Розподіл швидкостей повітря у топці котла при роботі паливника типу МГМП-9 на газі

За підсумками випробувань доведено високу ефективність спалювання за рахунок специфічних аеродинамічних характеристик паливника типу МГМП-9, які дозволяють досягти високих показників екологічної чистоти спалювання палива та отримати комплексний позитивний ефект за рахунок модернізації паливкової системи із зменшенням аеродинамічного опору паливника на 19% , високої якості сумішоутворення (наближення до гомогенної суміші), підвищенням рівномірності полів швидкості повітря та температури спалювання у факелу та у топковій камері, скорочення довжини факелу, підвищення ККД котлоагрегату на 5% та суттєвого зниження питомих шкідливих викидів (NOx зменшуються на 10 г/ГДж, СО зменшуються на 2,7 г/ГДж, термін окупності модернізації складає менше опалювального сезону.

Перелік посилань:

1. Варламов Г.Б., Родинков С.Ф., Приймак Е.А., Олиневич Н.В., Варламов Д.Г. Низкоэмиссионная газовая горелка трубчатого типа с направленным воздушным потоком. Євразійський патент ЕАПО, № 019766, 10.04.2014г., бюл.№6 В1 30.06.2014.
2. Варламов Г.Б., Родинков С.Ф., Приймак К.О., Олиневич Н.В., Варламов Д.Г. Многокамерная газовая горелка трубчатого типа. Євразійський патент № 21650 вид. 31.08.2015г. 3 стор.

УДК 621.577

Магістрант 5 курсу, гр. ТП-81мп Шаповал І.А.
Ст.викл. Голяд М.Н.

ДОДАТКОВІ КОНВЕКТИВНІ ПОВЕРХНІ ДЛЯ ВОДОГРІЙНИХ КОТЛІВ МАРКИ КВГМ З МЕТОЮ ГЛИБОКОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ККД

З плином часу навіть найефективніші в свій час енерготехнологічні агрегати зазнають морального та фізичного зношення та потребують модернізації. Це твердження в повній мірі відноситься також до водогрійних котлів марки КВГМ [1], технічні характеристики яких, зокрема, температура відхідних газів (155°C при роботі на природному газі) та відповідний к.к.д (89 %) вказують на існування технічних резервів для підвищення ефективності цих агрегатів.

Одним із актуальних напрямків модернізації котлів КВГМ [2] стала глибока утилізація теплоти відхідних газів (через їх низьку температуру точки роси) та відповідне підвищення к.к.д. Ця задача вирішувалася шляхом встановлення додаткових конвективних поверхонь (ДКП) конструкції ВАТ "НВО ЦКТИ" РФ. Вони по димовим газам підключаються до хвостів котлоагрегатів, а по воді - до їх трубної системи. Після ДКП відхідні гази через димосос потрапляють до димової труби.

ДКП пропонуються у вигляді вертикальних металічних циліндричних ємностей з трубним пучком всередині в двох варіантах з різними геометричними характеристиками. Однією з головних умов надійної роботи ДКП приймалася та обставина, що при будь-якому тепловому навантаженню температура відхідних газів після ДКП не повинна бути меншою 70°C (для запобігання низькотемпературної корозії металу).

ДКП по першому варіанту (ДКП-1) виконується у вигляді вертикального циліндра з труби 1420×10 мм з штуцерами в верхній та нижній його частині для подачі та відведення води. Всередині циліндра - трубний пучок на трубних дошках. Гази проходять всередині трубок знизу до гори, а мережна вода - в міжтрубному просторі по протитечії. Величина поверхні нагрівання для ДКП-1 складає 141 м^2 . Для ДКП-2 відповідні розміри складають 920×10 мм та $55,6 \text{ м}^2$. Необхідна кількість судин для ДКП-1 представлена в таблиці 1.

Таблица 1. Необходимое количество котлов для ДКП (вариант 1).

Наименование параметра	Теплопроизводительность котла, МВт (Гкал/ч)				
	11,63 (10)	23,26 (20)	35 (30)	58,2 (50)	116,3 (100)
Расчетная поверхность нагрева ДКП, м^2	140	230	300	440	830
Необходимое количество сосудов ДКП, шт.	1	2	2	3	6
Суммарная поверхность ДКП, м^2	141	282	282	424	848
Расчетная температура уходящих газов при нагрузках котла 100/50%, $^{\circ}\text{C}$	90/73	86/76	90/74	90/73	89/74

Відповідні дані для ДКП-2, розрахункові дані підвищення ефективності роботи котлів та технологічні схеми підключення ДКП-1,2 представлені в доповіді.

Перелік посилань:

1. Сайт заводу-виготовлювача котла КВГМ 20: zaokmr.ru/files/kv_gm_20_115.pdf.
2. В.В. Барабаш, В.А. Овчинников. Модернизация водогрейных котлов КВ-ГМ и ПТВМ: о внедренных технических решениях и новых разработках //Новости теплоснабжения (РФ). - 2013. - № 4 (152) (http://www.ntsnn.ru/4_2013.html).

УДК 69.621.58

Студент 4 курсу, гр. ТП-51 Дуб'яга Д.О.
Проф. Пуховий І.І.

СПОСІБ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЛЬОДЯНОЇ ОГОРОЖІ

Лід, виготовлений взимку є результатом використання відновлюваної енергії Космосу. Крім того, лід може використовуватись, як будівельний матеріал для створення льодяних стін і інших огорож. Відомо використання льодяної стінки в якості огорожі і теплообмінника для опалення буферної зони будівлі, виконаної з льоду [1]. За цим способом була виготовлена льодяна стінка методом наливання води в опалубку.

Відомий спосіб спорудження льодяних стін на фундаменті з опалубкою, в яку періодично добавляють воду, що розпилюється форсунками [2]. У згаданому патенті по внутрішній і зовнішній стороні опалубки встановлені пневматичні камери з еластичного матеріалу для ущільнення льоду.

Розроблено спосіб [3], у якому процеси охолодження і замерзання води проводяться при гравітаційному русі плівки води, отриманої з форсунок, на вертикальних чи нахилених елементах у вигляді шнурів, пластин, стержнів чи сіток протягом часу, необхідного для зростання льоду між собою на сусідніх елементах. На основі останнього винаходу розроблена багат шарова льодяна стінка з повітряними прошарками [4], яка має високий термічний опір і пропонується до використання для спорудження будівель на Марсі, де є вода.

Ми розробили спосіб виготовлення льодяної стіни з елементів, отриманих заморожуванням води в рамі, розміщеній на поверхні резервуару чи водойми [5]. Перевагою способу є простота виготовлення і зручність монтажу стіни. Виконані натурні дослідження. В резервуар з водою помістили раму розміром 710x670x120. Рама виготовлена з дерева. Замерзання води відбувалося протягом 3-ох діб при середній температурі вночі -8°C і при середній температурі вдень -1°C . Отримано льодяну стінку товщиною 115 мм, шириною, 665 мм та довжиною 710 мм. На фото 1 показана сама льодяна стіна, вже виїнята шляхом нагрівання зворотної сторони резервуара і обрізана від самої дерев'яної рами за допомогою електричного лобзика. На фото 2 видно товщину льодяної стінки.



Фото 1. План льодяної стінки.



Фото 2. Ширина льодяної стінки.

Перелік посилань:

1. Патент України на кор.. модель. № 46112, кл. F24D 15/00, опубл: 26.12.2011
2. А.с СРСР № 1514078, кл. E04G11/04, опубл. 15/05.06.1976 р.
3. Патент України на кор.. модель № 97202, кл. F24D 15/00, E04G 11/04 Опубл. 10.03.2015Р.
4. Патент України на кор.. модель №120648, кл. [F24D 15/00](#). опубл. [10.11.2017](#) р.
5. Патент України на кор.. модель № 126196, кл. А 25с 1.12, У 04П 11.04. опубл. 11.06.2018

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АКУМУЛЯТОРІВ ТЕПЛОТИ

На сьогоднішній день як ніколи гостро постає питання економії енергоресурсів. Зростання цін на енергоносії, а також проблема захисту екології спонукають встановлювати сучасні та високо ефективні системи опалення будівель. До таких відносять системи на основі теплових насосів. Ці пристрої в силу особливостей роботи потребують включення в контур теплоаккумулятора.

Теплоаккумулятор - це теплоізольована ємність (як правило циліндрична) яка слугує для накопичення та зберігання теплової енергії у вигляді гарячої води. Він дозволяє створити оптимальний графік вироблення і використання тепла в системі в інтервалах вимикання джерела теплоти (теплового насоса). Теплоаккумулятори виготовляються різних об'ємів та конфігурацій.

Ця ємність може бути підключена до опалювального контуру, системи гарячого водопостачання, теплої підлоги тощо. Для цієї мети всередині кожуха теплоаккумулятора встановлюються змієвикові теплообмінники та баки. Теплообмінник розміщується в нижній частині накопичувального резервуару і циркуляція води створюється різницею густин холодної і гарячої води. Окрім цього в багатьох моделях передбачене встановлення трубчатого електронагрівача (ТЕНа) для можливості використання аккумулятора як бойлера.

Відомо, що тариф на електроенергію, яка використовується вночі (нічний тариф – діє з 23.00 до 07.00 – використовується понижуючий коефіцієнт 0,5 до вартості електроенергії) є вигідніший, тому доцільно вмикати тепловий насос в цей час, щоб він працював на теплоаккумулятор, який би віддавав теплоту деякий період часу вдень [1].

Таким чином, теплоаккумулятор є важливою частиною системи опалення і ГВП з різними джерелами теплоти (твердопаливні котли, сонячні колектори, теплові насоси і т.д.) і здатен покращити і доповнити їхню роботу, а також зменшити експлуатаційні витрати.

Перелік посилань:

1. <https://energy.com.ua/korysni-porady/taryfy-na-elektroenergiyu-2019/>
2. http://termobak.com.ua/?gclid=EAIaIQobChMIzfk-fyD4QIVRUQYCh3xAw70EAAYASAAEgLQgvD_BwE

СПОСОБИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЛЬОДУ

З давніх часів людство прагнуло до комфорту. Електрика, кондиціонер, холодильник, радіо і багато інших винаходи кардинально змінили життя суспільства. У 1850 році в США американський лікар Джон Горі створив обладнання, яке здатне виробляти лід, ми користуємося його винаходом дуже часто, навіть не замислюючись про це. У наші дні цей корисний агрегат вірно служить людству і називається льодогенератором. Жоден сучасний бар або ресторан не може обходитися без льодогенератора.

Льодогенератор - пристрій, який створює лід, технічний або харчовий, з використанням морської або прісної води. Для роботи льодогенератора необхідна електрика, підведення питної води та дренаж для відведення талої води. Для тривалої роботи льодогенератора дуже важливо використовувати ідеально чисту воду, що проходить систему фільтрації (як правило, заклади, які турбуються за свою репутацію, обладнані професійною системою фільтрації), а також обов'язково використовувати софтвер-пом'якшувач, який перешкоджає відкладенню солей на форсунках льодогенератора.

Фінальний продукт льодогенератора - це лід різної форми, він може бути реалізований у вигляді гранул, луски, кубиків, пальчиків або пірамідок. За допомогою льодогенераторів та льодокриштелів бармени досягають всіляких форм льоду для приготування напоїв та коктейлів.

Принцип роботи льодогенератора безпосередньо залежить від необхідної форми льоду. Якщо потрібен лід у формі кубика, то його поступово наморожують на випарник і тільки після досягненні встановленого розміру він опиняється у відділі накопичувача. Виготовлений лід зберігається у накопичувачі, іншими словами, бункері і практично не схильний таненню. Для виробництва льоду у формі луски намороження відбувається в кілька шарів, лід повинен періодично зрізатись скребком або так званим «шнеком» (процес намерзання і зрізання льоду автоматизований).

За принципом дії, в основному сучасні льодогенератори випускаються в компресорному виконанні. Агрегат працює за принципом наморожування льоду прямо на поверхню випарника. Льодогенератори бувають підлогового або настільного виконання. Охолодження реалізовується повітряним або водним чином.

Отже, льодогенератори (генератори льоду, машини для льоду) є незамінними пристроями в сучасній харчовій промисловості. Вони застосовуються в більшості ресторанів, кафе, барів, нічних клубів, продуктових магазинів, супер і гіпермаркетів, а також інших закладах для зручної роботи і задоволення потреб відвідувачів

Перелік посилань:

1.studopedia.com.ua

2.studfiles.net(льодогенератори фірми STOCKTON)

3.ibrema.com.ua(льодогенератори фірми BREMA)

УДК 662.613.5

Студент 4 курсу, гр. ТП-51 Мазурук Р.С.
Ст.викл. Голяд М.Н.

ПЕРСПЕКТИВНІ КОМПРЕСОРИ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ДЛЯ РОБОТИ НА ВОДЯНІЙ ПАРІ (R718)

Сама ідея використання водяної пари для теплових насосів (ТН) була запропонована В. Томсоном в 1852 р. і була представлена ним при демонстрації працездатності першої такої машини [1]. Однак, через значні питомі об'єми водяної пари при низьких температурах (в порівнянні з традиційними фреонами; потребує великих об'ємних витрат або високої швидкості обертання валу компресора), а також через необхідність роботи системи під вакуумом створення реальних компресорів для роботи на цьому робочому тілі реалізовано не було.

Для практичної реалізації ТН з таким компресором було запропоновано використати авіаційний осьовий компресор АЛ-21, що серійно виготовлюється в РФ. Для вивчення газодинамічних характеристик АЛ-21 при роботі на водяній парі, відпрацювання елементів його конструкції та демонстрації надійності його роботи був створений на полігоні ТЕЦ-28 ВАТ "Мосенерго" дослідний стенд [1].

В результаті проведених дослідів були отримані наступні результати [1]:

- підтверджена можливість ефективної та стійкої роботи на водяній парі компресора при $n = 8000-8800$ об/хв з її об'ємними витратами до 210 тис. м³/год;
- продемонстрована можливість досягнення глибокого вакууму на вході до компресору (0,008 ата);
- експериментально отримані необхідні режимні параметри його роботи (коефіцієнт стиснення в компресорі) та відпрацьовані конструктивні елементи для адаптації під водяну пару.

В якості приводів для такого компресора ТН можуть бути використані:

- вбудований турбопривід потужністю до 2 МВт (для ТН продуктивністю до 15 МВт);
- виносні високооборотні турбоприводи (для ТН продуктивністю до 30 МВт);
- газотурбінні двигуни з утилізацією відхідних газів після турбіни;
- парова турбіна (прототип, наприклад, парова турбіна потужністю 10 МВт (для живильного насоса котла блоку 300 МВт ТЕС) Калужського турбінного заводу РФ);
- електропривід.

Деякі характеристики АЛ-21: максимальний діаметр - 1030 мм; довжина - 5340 мм; вага - 1580 кг.

Додамо, що аналогічну техніку виготовлює наше вітчизняне ВАТ "Мотор-січ" в м. Запоріжжі.

Перелік посилань:

1. В.Е. Беляев, А.С. Косой, Ю.Н. Соколов. Теплонасосные установки нового поколения и их использование в качестве высокоэффективной энергосберегающей и экологически чистой энерготехнологии для горячего водоснабжения //Новости теплоснабжения (РФ). - 2006. - № 8 (72) (http://www.ntsnn.ru/8_2006.html).

ПАРАМЕТРИЧНІ ТА РЕЖИМНІ ОБМЕЖЕННЯ РЕАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В СИСТЕМАХ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ ЕНЕРГОТЕХН

В літературі доволі помітна кількість робіт, наприклад [1], що присвячені розробці принципової схеми системи низькотемпературної утилізації теплоти відхідних газів котлів та визначенню оптимальної температури їх охолодження. Така система складається з двох основних елементів: контактного утилізатора теплоти відхідних газів та теплового насосу (ТН), що використовує теплу воду після утилізатора для живлення нижнього температурного джерела ТН (його випаровувача).

Для перевірки працездатності наведеної в [1] принципової схеми системи низькотемпературної утилізації теплоти відхідних газів було вибрано котел марки КВГМ-20-150 (теплове навантаження 23,26 МВт, паливо - природний газ), розраховані параметри і характеристики димових газів на вході в газо-крапельний утилізатор, зроблено його тепловий і конструктивний розрахунки, проведені термодинамічні розрахунки ТН.

Розрахунки контактного газокрапельного утилізатора, які проведені по методиці, наведеній в [2], показали його працездатність та ефективність.

В доповіді наводяться результати термодинамічного розрахунку ТН для трьох варіантів наповнення його циркуляційного контуру такими фреонами: (ізобутаном), (водою) та .

На основі наведених результатів термодинамічного розрахунку ТН мож-на зробити наступні висновки: через брак, на сьогоднішній день, необхідного парку парових компресорів для різних фреонів, що виготовлюються провідними вітчизняними та зарубіжними фірмами, принципова схема системи низькотемпературної утилізації теплоти відхідних газів котлів [1] не є працездатною. Сучасні ТН не зможуть забезпечити низькотемпературну утилізацію теплоти відхідних газів (по вказаній схемі [1]) навіть такого невеликого котла, як КВГМ-20-150 (загальний об'єм відхідних димових газів - 29513 м³/год). Через небезпеку коксування масла, яке додається в контур фреонів, (стиснення в компресорі їх пари при процесі) максимальна температура води на виході з конденсатора ТН не може перевищувати 70-90 С (параметричні обмеження; це при тому, що на вході в ТН (до випаровувача) тепла вода має температуру ~ 60 С). Максимальні об'ємні витрати існуючих парових компресорів ТН складають величину ~ 1100 м³/год при потребі ~3006 м³/год для R600a та і 72360 м³/год для R718.

Перелік посилань:

1. Утилізація низькотемпературної теплоти продуктів згорання палив за допомогою теплових насосів / М.М. Жовмір // Промышленная теплотехника. — 2008. — Т. 30, № 2. — С. 90-98.

2. Безродный М.К., Барабаш П.А., Голяд Н.Н. Гидродинамика и контактный тепло-массообмен в газожидкостных системах: монография. - 2-е изд. перераб. и доп. - К.: КПИ им. ИгоряСикорского, Изд-во "Политехника", 2017. – 560 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ УТИЛІЗАТОРІВ ТЕПЛОТИ ДИМОВИХ ГАЗІВ В КОТЕЛЬНЯХ ПРИ ЗВОЛОЖЕННІ ДУТТЬОВОГО ПОВІТРЯ

При спалюванні природного газу в парових та водогрійних котлах доцільно встановлювати поверхневі або контактні теплоутилізатори, основним завданням яких є зменшення температури відхідних димових газів, що сприятиме підвищенню загального ККД котельних установок. З іншого боку в утилізаторах теплоти здійснюється нагрівання води власних потреб, або зовнішніх споживачів, що призведе до економії виробленої теплоти і, відповідно, до зменшення витрати природного газу.

В попередніх дослідженнях, виконаних на кафедрі ТПТ КПІ ім. Ігоря Сікорського, показана ефективність використання поверхневих утилізаторів-калориферів при глибокому охолодженні димових газів. Ще більша ефективність утилізаторів була досягнута при зволоженні дуттьового повітря. В роботі [1] виконана оцінка енергетичної і екологічної ефективності утилізаторів при нагріві дуттьового повітря до 40 °С і його зволоження до 40 г/кг с.п. В результаті приріст загальної річної кількості утилізованої теплоти за рахунок зволоження дуттьового повітря склав біля 10%, а викиди оксидів азоту з димовими газами зменшуються приблизно у 2 рази.

Нами виконані розрахунки енергетичної і екологічної ефективності теплоутилізаційної установки з поверхневими калориферами, що використовується для глибокого охолодження димових газів котлів при зволоженні дуттьового повітря з температурами 50 і 60 °С.

При заданих температурах повітря визначали його вологовміст. Для виключення випадіння вологи в пальниках зволожене повітря підсушували повітрям з верхньої зони котельні. Надалі за відомими залежностями обчислювали коефіцієнт байпасування поза утилізатором, вологовміст димових газів на виході та ентальпії на вході і виході, а також потік утилізованої теплоти в теплоутилізаторах, віднесений до 1 кг/с сухих димових газів, кВт. Розрахунки виконані при температурах димових газів на вході в утилізатори 140, 150, 160, 170, 180, 190 °С, а на виході - від 0 до 60 °С.

В результаті розрахунків отримано, що при зволоженні повітря з температурою $t_n = 50$ °С максимальний потік відведеної в калориферах теплоти досягається при температурі газів на виході $t_r'' = 25 - 34$ °С, коефіцієнті байпасування $\theta_{\text{опт}} = 0,25 - 0,35$, а приріст потоку відведеної теплоти ΔQ порівняно з роботою калориферів в «сухому» режимі складає 28 %. При температурі зволоженого повітря $t_n = 60$ °С оптимальні показники складають: $t_r'' = 29 - 37$ °С; $\theta_{\text{опт}} = 0,25 - 0,36$; $\Delta Q = 54$ %.

Аналіз отриманих результатів показав, що з точки зору практичної реалізації в котельнях без порушення технологічного режиму спалювання природного газу більш доцільним є зволоження повітря при температурі $t_n = 50$ °С, при цьому його вологовміст сягатиме 85 г/кг с.п, вологовміст димових газів на вході в утилізатор – 190 г/кг с.г, потік відведеної в калориферах теплоти порівняно з режимом без зволоження повітря може бути збільшений на 28 %, а викиди оксиду азоту з димовими газами в довкілля можуть бути зменшені більше як у 3 рази.

Перелік посилань:

1. Боженко М.Ф. Підвищення ефективності утилізаторів теплоти димових газів котельнь за рахунок зволоження дуттьового повітря / М.Ф.Боженко, І.Я.Перевьорткіна // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2017. - № 1 (47). – С. 51 – 57.

АКУМУЛЮВАННЯ ВЕЛИКОГО ОБ'ЄМУ ЛЬОДУ І СНІГУ

Завдяки відновлюваній енергії Космосу, взимку в нас є лід і сніг. Сніг разом з льодом може використовуватись для акумулювання холоду взимку з використанням влітку. Перевагою снігу над льодом є те, що відсутні затрати на воду, виготовлення чи добування на водоймах, і мінімальні затрати на транспортування до місця акумулювання [1]. Сніг має меншу об'ємну акумулювальну здатність, ніж лід, через меншу густину. В [1] розглянуті технічні і економічні аспекти використання снігу і льоду для охолодження невеликих Дата-центрів.

Однак їх серйозними недоліками виявляються відносно великі втрати льоду від танення в результаті проникнення тепла через ізоляцію і від забруднення льоду тирсою як ізоляційним матеріалом. У північній смузі України розмір втрат становить близько 15% від кількості заготовленого льоду, в середній смузі - 20-25%, в южній - 25-30%

Найвідомішим сучасним прикладом масового використання снігу влітку є місто Бібай, що знаходиться на острові Хоккайдо в Японії. Там взимку випадає 6–8 м снігу. Міська влада збудувала біля житлових будинків теплоізовані ангари, куди взимку бульдозерами заштовхують сніг, холод з якого подається влітку для охолодження повітря замість традиційних кондиціонерів. В місті також є сім підприємств, які використовують влітку холод зі снігу: охолодження повітрям і водою, що циркулює через ангари і об'єкти охолодження. Будівлі мають снігосховище об'ємом 45000 м³.

Установка в лікарні Сундсвалль (Швеція) має акумулятор покритий шаром деревної тирси. Коли сніг тоне, стік води фільтрується і перекачується через теплообмінник до лікарні. Потім прогріту воду направляють назад, щоб знову охолодитися. Снігосховище Сундсвалла (спочатку) мало наступні характеристики 140 x 60 x 4 м = 33600 м³, густина снігу 650 кг / м³ При масі 21840 тонн і 93 кВт-год / т зберігається 2050 МВт-год холоду.

Завод Сундсвалла використовує поєднання природного і штучного снігу, виробленого сніговими гарматами. Потужність зберігання збільшилася з 20 000 м³ до 75 000 куб. м снігу

В аеропорту м. Саппоро (Японія) обсяг снігосховища дорівнює L x W x H = 200 x 100 x 6 = 120 000 м³. Холод використовується для кондиціювання повітря в новому аеропорту. зб

В Києві і інших містах північного сходу України є можливості для акумулювання снігу з метою охолодження, наприклад, великих торгово-розважальних центрів. Наявність снігосховищ зменшить затрати на далеке транспортування снігу, зібраного на дорогах. Крім того, сніг та вироблений лід можуть використовувати підприємства харчової промисловості.

Економія від використання тони снігу становить € 10 - 25 євро в Європі. в залежності від різної вартості електроенергії. За даними [2] капіталовкладення в зберігання 1 квт.год холоду складають 0,3-0,4 шведські крони.

Перелік посилань:

1. http://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/7064/1/05_pukhovyy_ii_using_cold_from.pdf
- 2.

https://www.researchgate.net/publication/281601181_Using_ice_and_snow_in_thermal_energy_storage_systems

3. <http://advantage-environment.com/buildings/stored-snow-for-summer-cooling/>

УДК 628.54 (075.8)

Студент 4 курсу, гр. ТП-51 Слобожан М.М.

Ст.викл. Голяд М.Н.

ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПОЛІГОНІВ ДЛЯ ЗАХОРОНЕННЯ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ (ТПВ) В УКРАЇНІ

Полігони - це великі ділянки непридатних для ведення сільськогосподарських робіт земель на які кожний день звозять ТПВ, котрі повинні також кожний день пересипатися ґрунтом. Експлуатація цих полігонів в Україні пов'язана з такими проблемами: вони є розсадниками гризунів та птахів; забруднюють водою або підземні води так званним "фільтратом" - доволі токсичною рідиною, яка формується в надрах цих смітників; можуть самозайматися (історія з пожежою на сміттєзвалищі у Львові); вітер може здувати з них сміття і т.п. Через те, що в складі ТПВ тільки ~ 40% відносяться до органічних речовин ці землі не можуть бути рекультивованими. Загальна площа цих полігонів (згідно статистичних даних в Україні 4157 паспортизованих полігонів ТПВ площею 7400 га; також 3298 несанкціонованих полігонів) дорівнює площі Кіпра. Тому проблема зменшення (або хоча б підтримання на існуючому рівні) кількості цих полігонів видається надзвичайно актуальною.

Основні шляхи зменшення кількості полігонів: 1) запровадження, реконструкція та заміна старих полігонів в, так звані, санітарні полігони (весь склад ТПВ - органіка; їх принципова схема наведена в доповіді) [1]; 2) тотальна (як у індивідуального споживача, так і централізовано) сепарація ТПВ (на теперішній час відсутні сміттєпереробні заводи, діють 15 офіційних та 60 нелегальних сортувальних ліній) з метою розділення ТПВ на органічну і неорганічну частини; 3) спалювання неорганічної частини ТПВ (характерна структура знешкодження ТПВ в деяких передових державах світу наведена в доповіді; небезпечні діоксин та фуран, що виділяються при спалюванні ТПВ практично не утворюються через розкладання складних хлор-, фтор- та вуглеводневих з'єднань в нейтральні речовини при умові знаходження на протязі не менш 2 с при $T \geq 850^{\circ}C$ в пальнику котла [2]; в Україні є 2 сміттєспалювальні заводи: в Києві та Дніпрі, що були запущені в 1986 р. Експлуатація першого подовжена на 12 років, другий - в стадії закриття. В Львові будується 3 завод); 4) закладення в бюджет України значних коштів та залучення інвестицій для реалізації вказаних вище заходів по зменшенню кількості полігонів (середні витрати на захоронення ТПВ в економічно розвинутих країнах в 2000 р. складали 110-340 \$/т [1]).

Перелік посилань:

1. Калыгин В.Г. Промышленная экология: Курс лекций. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2007. – 240 с.

2. Матросов, А. С. Проблемы санитарной очистки города Москвы [Текст] // Известия Академии промышленной экологии. 1997. – № 1. – С.10 – 12.

УДК 621.43

Студента 3 курсу, гр. ТП-61 Антоненко Б. М.
Доц., к. т. н. Боженко М. Ф.

ПЕРЕРИВЧАСТА ВЕНТИЛЯЦІЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Одним з енергозберігаючих заходів в громадських будівлях є організація роботи системи припливної вентиляції (СВ) в переривчастому режимі. У даному режимі система буде працювати тільки на зовнішньому повітрі, а переривчастий режим призведе до скорочення загального терміну її роботи на протязі доби, за рахунок чого скорочується витрата електричної енергії на привід припливних вентиляторів.

На прикладі блоку потокових аудиторій корпусу № 5 КПІ ім. Ігоря Сікорського за методикою [1] виконані розрахунки економічної ефективності влаштування переривчастої вентиляції (табл. 1). Попередньо при відомих внутрішніх об'ємах аудиторій і кількості посадкових місць, раніше обчислених надходженнях теплоти та вологи, надходженнях вуглекислого газу та гранично допустимій його концентрації і концентрації в припливному повітрі, визначали необхідний повітрообмін приміщень за декількома способами, а за розрахункове значення брали найбільше значення. Також в розрахунках здійснювали перевірку різниці температур внутрішнього і зовнішнього повітря, яка не перевищувала допустиме значення.

Таблиця 1 – Результати розрахунків ефективності переривчастої вентиляції

Параметр	Значення параметра для аудиторій при 100 % (верхня строка) і 50 % (нижня строка) їх завантаженні			
	№1	№2	№3	№4
Необхідний повітрообмін, м ³ /год	8000/4000	8000/4000	10700/5350	10700/5350
Період провітрювання, хв.	15,4/30	15,4/30	12,6/25	12,6/25
Перерва в провітрюванні, хв.	2,1/10,2	2,1/10,2	1,1/3,6	1,1/3,6
Кількість годин роботи ауд.	12			
Число включень СВ	40/18	40/18	52/25	52/25
Кількість годин роботи СВ	10,2/9	10,2/9	10,9/10,4	10,9/10,4
Витрати на електроенергію при традиційному режимі, грн/рік	23668	23668	22680	22680
Витрати на електроенергію при переривчастому режимі, грн/рік	20135/17666	20135/17666	20600/19656	20600/19656
Економічна ефективність, грн/рік	3553/6022	3553/6022	2080/3024	2080/3024

Таким чином, при влаштуванні переривчастої вентиляції в аудиторіях № 1 – 4 за рахунок скорочення загальної продовжуваності її роботи можна досягти економії електроенергії на суму 11266 грн/рік при повному завантаженні аудиторій і 18092 грн/рік при 50 – відсотковому завантаженні.

Перелік посилань:

1. Боженко М.Ф. Енергозбереження в теплопостачанні : навч. посіб. / М.Ф. Боженко, В.П. Сало. – К. : НТУУ «КПІ», 2008. – 268 с.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІТРОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Енергія вітру доступна практично в будь-якій країні й не залежить від коливання цін на викопне паливо, запаси якого невпинно скорочуються. За останні десятиріччя вартість вітрових електроустановок (ВЕУ), витрати на їх встановлення і обслуговування значно знизилися. В майбутньому ці витрати продовжуватимуть зменшуватися. Століття дешевої енергії в Україні добігло кінця і використання засобів нетрадиційної енергетики постійно ставатиме економічно доцільним. В першу чергу це відноситься до споживачів у віддалених і сільських районах. В умовах жорсткої конкуренції на ринку енергоносіїв актуальним постає питання про неухильне наближення України до світових стандартів цього ринку. Альтернативна енергетика в багатьох випадках обумовлює індивідуальний підхід залежно від потреб конкретного споживача і його місце знаходження.

Усупереч поширеній думці альтернативна енергетика не є безкоштовною. Інвестиції в альтернативну енергетику розраховуються на одиницю потужності і є сумірними з показникам теплоелектростанцій (ТЕС) і гідроелектростанцій (ГЕС). Підвищення світових цін на органічне паливо, а також труднощі в забезпеченні надійного енергетичного постачання віддалених районів з кожним роком все більше наголошують на розробку и впровадження альтернативних джерел енергії. На користь такого підходу говорять і економічні проблеми світової енергетики, і співвідношення ціна-якість різноманітного традиційного обладнання. Чи малі досягнення в області енергетичного устаткування і будівельної техніки, призвели до рентабельності малих установок поновлюваної енергії. В сукупності усі ці чинники зумовили перспективи їх широкого застосування для забезпечення електроенергією віддалених від централізованого енергопостачання споживачів.

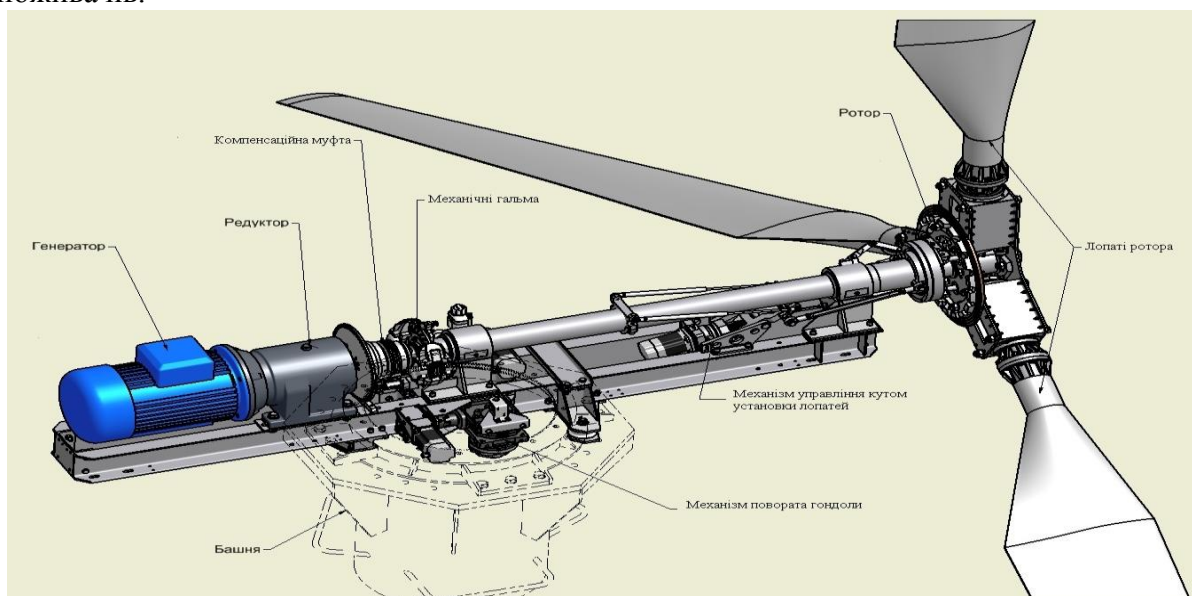


Рисунок -особливість конструкції вітрогенератора горизонтального типу FA-9/2000 и FA-14/5000

Сучасні ВЕУ щорічно виробляють у 180 разів більше електроенергії, ніж 20 років тому. При цьому кіловат виробленої енергії подешевшав щонайменше вдвічі. При вдалому розташуванні вітроенергетичні станції можуть конкурувати за економічними показниками з атомними і тепловими електростанціями (АЕС і ТЕС відповідно).

ПРО КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ

Спіральні теплообмінні апарати отримали в промисловості порівняно широке розповсюдження, що пояснюється рядом важливих переваг їх порівняно із теплообмінними апаратами інших типів. Вони можуть виготовлятися із будь-якого рулонного матеріалу, що піддається холодній обробці та зварюванню. Площа поперечного перерізу каналів по всій довжині залишається незмінною, і потік не має різких змін напрямку руху, завдяки чому забруднення поверхні спіральних апаратів менше, ніж теплообмінних апаратів інших типів. Гідравлічний опір при однаковій швидкості руху рідини менший, ніж у кожухотрубних. Як правило, вони складаються з 2-х каналів прямокутного перерізу, утворених згорнутими в спіралі двох листів металу. Листи служать поверхнями теплообміну. Внутрішні кінці спіралей з'єднані роздільною перегородкою, а відстань між ними фіксується штифтами. Виготовляють їх вертикальними або горизонтальними з шириною спіралі 0,2-1,5 м, поверхнею нагріву 3,2-100м² і відстанню між листами 8-12 мм. Граничний тиск 1 МПа.

Спіральні теплообмінні апарати різних конструкцій знайшли застосування для систем рідина-рідина та рідина-пара. В першу чергу являє інтерес їх застосування, як конденсаторів, підігрівачів та випарників апаратів для охолодження і нагрівання парогазових сумішей. Одне з призначень даних теплообмінних апаратів - нагрівання та охолодження високов'язких рідин. Так як в'язка рідина проходить по одному каналу, усувається проблема рівномірного розподілення в'язкої рідини по трубам. Спіральні теплообмінні апарати можуть успішно застосовуватися для шламів та рідин, які містять волокнисті матеріали. Широке застосування спіральних теплообмінних апаратів для газових середовищ обмежено малим поперечним перерізом каналу.

Організація руху теплоносіїв може здійснюватися за декількома основними схемами. А саме: по спіральному потоку; по поперечному, який перетинає спіраль; по комбінованому, який сполучає поперечний та спіральний потоки. Конструктивне оформлення таких теплообмінників може бути різноманітним. Принцип роботи спіральних теплообмінних апаратів для рідин заключається у наступному: перший теплоносій подається під тиском через штуцер на одній із кришок в камеру центровика, а потім по спіральному каналу - в колекторі через штуцер виходить із теплообмінника. Другий теплоносій через штуцер колектора поступає у суміжний спіральний канал протитоком відносно до першого теплоносія і виходить через штуцер другої кришки. Спіральні конденсатори виготовляються лише у вертикальному варіанті. Відповідне розташування каналів конденсаторів виключає утворення пробок конденсату та гідравлічні удари. Гідравлічний опір каналів по паровому боку незначний внаслідок достатньо великого поперечного перерізу каналів, включених на вході пари паралельно. Охолоджувальне середовище подається через зовнішній колектор і рухається по спіральному каналу до центру, звідки виводиться через штуцер на нижній кришці.

Використовується інтенсифікація конвективного теплообміну за рахунок турбулізації потоку. Турбулізація потоку в свою чергу реалізується утворенням на трубах плавних виступів - турбулізаторів. Збільшення інтенсивності теплообміну в даному випадку досягається руйнуванням пограничного пласту рідини. Турбулізатори створюють вихрові зони в пограничному пласті, що призводить до його зменшення. Висота турбулізаторів виконується рівною товщині цього пласту. Виникаючі за цими виступами вихрові зони служать джерелом додаткової турбулізації і сприяють зменшенню пограничного пласту.

УДК 536

Студентка 3 курсу, гр. ТП-61 Ярошевич М.В.

Доц., к.н.т. Боженко М.Ф.

ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ТЕПЛОТИ ЧЕРЕЗ СВІТЛОПРОЗОРИ КОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ

За піввіковий період в масовому будівництві житлових і громадських будівель в Україні застосовувалися вікна і засклені зовнішні двері з дерев'яними рамами і подвійним заскленням, яке в даний час не відповідає новим теплотехнічним вимогам. Значення їх термічного опору складають для сполучених рам 0,39 (м²·К)/Вт і для окремих – 0,43 (м²·К)/Вт.

Теплові втрати через вікно відбуваються декількома шляхами: через віконний блок і плетіння (містки холоду, нещільності); за рахунок теплопровідності повітря і конвективних потоків в міжскляному просторі; а також шляхом випромінювання.

Існує декілька основних способів зменшення втрат теплоти через вікна:

- перехід від однокамерних склопакетів до двох-, трьох- і більше камерних;
- застосування термоплівки (теплопоглинаюче засклення);
- наповнення склопакетів інертними газами.

За матеріалами елементів сучасні світлопрозорі конструкції можуть бути дерев'яні, полівінілохлорідні, з алюмінієвих сплавів, сталеві, склопластикові, комбіновані; а за кількістю рядів скління – одинарними, подвійними, потрійними, четверними.

Кожна з перелічених світлопрозорих конструкцій має свої переваги і недоліки. Найкраще використовувати комбіновані вікна, які, наприклад, можуть бути в таких комбінаціях матеріалів: алюміній (мідь) + дерево; алюміній + пластик; алюміній + дерево + пластик і т. ін. Але недоліком комбінованих вікон є їх досить висока вартість.

Вибір відповідної світлопрозорої конструкції здійснюється за мінімальними зведеними витратами, при цьому термічний опір теплопередачі цієї конструкції повинен бути більшим за мінімально допустимий, а опір повітропроникності – більше нормативного [1].

Зведені витрати залежать від сумарних капіталовкладень, що обумовлюються їх ціною та витратами на монтаж, і експлуатаційних витрат, які включають витрати на теплову енергію для компенсації втрат теплоти через вікна з урахуванням витрат теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря.

Як приклад, розглянемо заміну світлопрозорих конструкцій в блоці потокових аудиторій корпусу № 5 КПП ім. Ігоря Сікорського, наявні втрати теплоти через які складають біля 28 кВт, а їх середня величина 13,5 кВт.

При використанні двокамерних склопакетів і склом з енергозберігаючим м'яким покриттям при заповненні аргонем термічний опір теплопередачі складає 0,75 (м²·К)/Вт [1], теплові втрати – біля 14 кВт, а середня величина – 6,7 кВт.

Річна економія теплоти на опалення при заміні світлопрозорих конструкцій, ГДж/рік, визначається за формулою

$$\Delta Q_{\text{річ.о}} = \Delta Q_{\text{ср.о}} n_0 \cdot 24 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

де n_0 – продовжуваність опалювального періоду, діб.

З урахуванням різниці визначених середніх витрат теплоти на опалення і величини $n_0 = 176$ діб (для м. Києва) економія теплоти – 103 ГДж/рік, або при вартості одиниці теплоти 394,85 грн/ГДж – біля 40 тис. грн/рік.

Перелік посилань:

1. ДБН В. 2.6. – 31:2006 зі зміною №1 від 1 липня 2013 року. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Чинні від 2007 – 04 - 01. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2006. – 70 с.

ПРО КОНДЕНСАЦІЮ РУХОМОЇ ВОДЯНОЇ ПАРИ ВСЕРЕДИНИ ВЕРТИКАЛЬНИХ ТРУБ

Широке використання теплообмінних апаратів, де гріючим середовищем слугує водяна пара, в енергетиці, харчовій, хімічній, нафто – газопереробній та ін. галузях промисловості ставить питання про розширення досліджень для такого високо інтенсивного процесу, як конденсація [1]. Особливий інтерес являють собою вертикальні теплообмінники із конденсацією всередині труб. Суттєвою перевагою такої конструкції є те, що існує можливість суттєвого підвищення тиску насичення пари без зміни конструкції апарату і його малогабаритних характеристик. Найбільш простим і поширеним є супутній рух пари та конденсату без домішок газів, які не конденсуються.

Залежно від співвідношення сил тяжіння і тертя для такого процесу виокремлюється декілька основних режимів руху. А саме:

- 1) ламінарний рух конденсату за умови превалювання сили тяжіння;
- 2) ламінарний рух конденсату за умови сумірного впливу сили тяжіння і між фазного тертя;
- 3) ламінарний рух конденсату за умови превалювання сили між фазного тертя;
- 4) хвильовий рух конденсату за умови превалювання сили тяжіння;
- 5) хвильовий рух конденсату за умови сумірного впливу сили тяжіння і між фазного тертя;
- 6) хвильовий рух конденсату за умови превалювання сили між фазного тертя;
- 7) турбулентний рух конденсату за умови превалювання сили тяжіння;
- 8) турбулентний рух конденсату за умови сумірного впливу сили тяжіння і між фазного тертя;
- 9) турбулентний рух конденсату за умови превалювання сили між фазного тертя.

Найскладнішим питанням для подібної градації режимів конденсації є те, як відбувається їх зміна з одного боку, та питання про можливість існування одночасно на поверхні конденсатних утворень різних типів. Перехід між ламінарним, хвильовим і турбулентним режимами обумовлений поперечним потоком речовини, який визначає баланс сил на границях розподілу фаз пара-конденсат, конденсат-стінка, пара-стінка. При зміні режимних параметрів, а в першу чергу – густини теплового потоку і швидкості пари, потік речовини також буде змінним в постійній динаміці. На перший план виходить саме тертя на границі розподілу фаз пара-конденсат.

Передбачення в першому наближенні того факту, що поверхня конденсатних утворень є гладкою, дозволяє розглядати рівняння руху, енергії та суцільності для рідкої та парової фаз спільно із спряженими граничними умовами. Хвильова або комбінована поверхня (як для випадку багатокомпонентної конденсації) конденсатних утворень унеможлиблює застосування відповідних рівнянь внаслідок складності реальної задачі. В цьому випадку не допомагає навіть знання локальних значень між фазного тертя. Крім цього, на процес конденсації може нашаровуватись явище уносу окремих краплин вологи і відскік конденсату від супергідрофобних поверхонь. Задача про конденсацію рухомої пари стає аналогічною із задачею про обтікання потоком газу поверхні, яка має здатність проникнення. Все це ставить на перший план саме отримання нових емпіричних ступеневих рівнянь подібності для опису такого складного високо інтенсивного процесу конденсації рухомої пари всередині вертикальних труб.

Перелік посилань:

1. Гогонин И.И. Исследование теплообмена при пленочной конденсации. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2015. – 236с.

Студент 2 курсу, гр. ТП-71 Кравчук К.С.; студент 2 курсу, гр. ТП-71 Мараховська В.Ю.
Доц., к.т.н. Гавриш А.С.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛООБМІНУ ПРИ КОНДЕНСАЦІЇ НА ПАКЕТАХ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ОРЕБРЕНИХ ТРУБ

З точки зору промислового використання конденсаційних пристроїв представляє інтерес застосування пакетів горизонтальних оребрених труб. У зв'язку з цим актуальним є питання про види оребрених труб, вплив режимних параметрів процесу та густини зрошення на теплообмін в пакетах горизонтальних оребрених труб, і можливість впровадження інноваційних технологій.

Вимоги сьогодення спрямовуються на розвиток і вдосконалення набутих знань і створення новітніх технологій в процесах теплообміну. В результаті необхідно задовольнити потреби економічної і енергоефективної роботи теплотехнічного обладнання. Одним із шляхів розв'язання подібних технічних задач є використання оребрених трубчастих теплообмінних поверхонь. Як правило, для труб використовується різноманітне металеве оребріння. Тим самим збільшується площа робочої поверхні при збереженні габаритів обладнання. В результаті досягається інтенсифікація процесу теплопередачі. Оребрєні труби використовують для теплообмінників і охолоджувачів, систем опалення, промислових холодильних камер, металевих комунікацій, тощо.

Найчастіше використовуються чотири основних характерних типи оребрених трубчастих поверхонь: з навивкою дроту, з трапецієподібними ребрами, вальцьовані труби та з ребрами постійної кривизни. Найбільш широко використовуванні в промислових апаратах- ребра трикутного і прямокутного профілю. Одна із особливостей теплообміну пов'язана із поверхневим натягом конденсату на оребрених поверхнях і дією градієнта розклинюючого тиску. Відмічається певна залежність дії цього градієнта від геометричних параметрів оребріння. Серед нових технологій оребріння, наприклад, розглядаються так звані голкові ребра для теплообмінників паро рідинних, газорідинних та ін. Для них існує можливість інтенсифікації теплообміну до 30% за умови руху теплоносія при числах Рейнольдса до 12000. При цьому масо габаритні характеристики теплообмінних апаратів можуть бути зменшені до 23,8%.

Більшість сучасного конденсаційного обладнання працює в плівковому режимі. Товщина шару конденсату залежить від орієнтації поверхні (горизонтальна, вертикальна або похила), від форми поверхні (плоска, трубчаста або фігурна), від гідродинамічного режиму руху та ін. Найбільший термічний опір тепловіддачі зосереджений саме в конденсатних утвореннях. Висока інтенсивність теплообміну існує там, де відбувається швидке видалення конденсату з поверхні теплообміну. Це досягається зміною режиму конденсації на краплинний. При краплинній конденсації водяної пари на трубчастих поверхнях питомий тепловий потік може досягати величин $q=(40-600) \cdot 103 \text{ Вт/м}^2$, а коефіцієнт тепловіддачі відповідно $\alpha_k=(30-50) \cdot 103 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$.

Специфічна форма оребріння дозволяє для режиму краплинної конденсації отримати оптимальні сукупні характеристики саме для пакетів горизонтальних труб. Створюються умови для стабільної довготривалої роботи гідрофобних оребрених поверхонь при максимальних коефіцієнтах тепловіддачі.

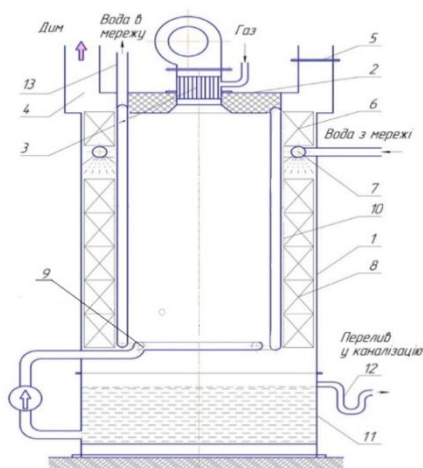
Отже, розглянувши переваги і недоліки експлуатації сучасного конденсаційного обладнання, можна констатувати, що існують широкі можливості для високо енергоефективного використання пакетів горизонтальних оребрених труб. Такий підхід потребує мінімальних витрат на виготовлення обладнання та регламентні роботи з його обслуговування. Що в сукупності підвищує ефективність довготривалого використання конденсаторів на промислових підприємствах та у побуті.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВОДНЕВОГО ПАЛИВА У КОНТАКТНОМУ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІ

Водень дуже широко поширений в природі, він входить до складу багатьох органічних і неорганічних сполук. У вільному стані при нормальних умовах водень є газом, що не володіє ні кольором, ні запахом, ні смаком. В порівнянні з іншими видами палива, водень є найбільш енергоємним. Його нижча теплота згорання майже у чотири рази перевищує цей показник природного газу (табл. 1).

Таблиця 1 – Фізичні властивості водню та природного газу [1]

	Водень	Природний газ
Нижча теплота згорання, МДж/кг	120	35,6
Густина при нормальних умовах, кг/м ³	0,0899	0,72
Об'ємна частка палива в стехіометричній суміші з повітрям, %	29,6	9
Мінімальна енергія займання, мДж	2	23
Нормальна швидкість згорання, м/с	1,8	0,34
Температура займання, °С	510...590	540...650



Використання теплогенераторів контактної типу для цілей теплостачання є перспективним напрямком якісного теплозабезпечення споживачів, що пов'язано з наявністю комплексу позитивних особливостей і характеристик контактних теплогенераторів, основними з яких є підвищення ККД на 10...12 % і зменшення витрат палива[2].

Розроблений теплогенератор нового покоління типу ТВАК має певні переваги перед іншими джерелами тепло-генерування, а саме: низька теплова інерція, що характеризує його як апарат швидкого запуску і швидкого зупину, низька питома металоємність (менше 2 кг ваги на кВт виробленої теплоти), не вимагає допоміжного технологічного обладнання (немає бойлер, насосів підживлення, установки хімоводоочищення води), висока ефективність (ККД на рівні 106% на нижчу теплоту згорання палива), екологічно чисте джерело генерування теплоти (значення концентрацій NO_x менше 20 мг/м³, відсутні концентрації CO, SO₂ та інші), отримання додаткової технічно чистої води.

Перелік посилань:

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4>
2. 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.

Студент 3 курсу, гр. ТП-61 Одуденко Ю.М.
Доц., к.т.н. Гавриш А.С.

ОСОБЛИВОСТІ ГОФРОВАНИХ ТЕПЛООБМІННИХ ПОВЕРХОНЬ КОЖУХОПЛАСТИНЧАСТИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ

Кожухопластинчасті теплообмінники являють собою установку, яка конструктивно поєднує кожухотрубні та пластинчасті теплообмінні апарати. При цьому комбінуються найкращі переваги обох типів: ефективність пластинчастого та безпечність кожухотрубного. 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 $1-2 ^\circ\text{С}$.

Основним елементом кожухопластинчастого теплообмінника є пакет пластин, що складається з круглих або заокруглених металевих гофр, товщиною $0,1 - 2 \text{ мм}$. Щоб визначити залежність теплообмінної поверхні кожухопластинчастого теплообмінника від типу пластин, належить знати довжину b та крок S гофру. Формула для визначення коефіцієнта збільшення (зменшення) площі за рахунок гофру має вигляд (1):

$$\Phi = \frac{1}{6} \cdot 1 + \sqrt{1 + \eta^2} + 4 \cdot \sqrt{1 + \eta^2} / 2, \text{ де } \eta = \pi \cdot b / S. \quad (1)$$

Для розрахунку тепловіддачі в каналах використовується аналогія переносу тепла та імпульсу (2) з урахуванням розвитку площі поверхні за рахунок гофрування згідно з рекомендаціями [1]:

$$Nu = 0,065 \cdot Re^{6/7} \cdot \psi \cdot \frac{\xi}{F_x} \cdot Pr^{0,4} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_{cm}}\right)^{0,17}. \quad (2)$$

Знаючи площу теплообмінної поверхні, і розрахувавши коефіцієнт теплопередачі, знаходиться відповідне теплове навантаження теплообмінника. Порівняльна характеристика кожухопластинчастого, розбірного пластинчастого та звареного пластинчастого апаратів наведена в Таблиці 1:

Таблиця 1 - Порівняльна характеристика пластинчастих теплообмінних апаратів.

Назва апарата	Розбірні пластинчасті	Зварені пластинчасті	Кожухопластинчасті
Маса, кг	500	300	400
Області застосування	Рідина/рідина, пара/рідина	Рідина/рідина, газ/рідина	Рідина/рідина, газ/рідина, газ/газ
Робоча температура, $^\circ\text{С}$	-30/+200	-150/+400	-196/+400
Порівняльна ефективність	0,75	0,8	1,0
Об'єм установки, м^3	0,4	0,2	0,2

Площа теплообміну пластини залежить від висоти гофру. При постійній висоті b , площа теплообміну пластини буде тим меншою, чим більше значення параметру гофрування: $tg\alpha = \frac{b}{0,5 \cdot S}$.

Перелік посилань:

1. Юзбашьян А. П. Інтенсифікація теплообмінних процесів в технологіях переробки вуглеводнів з використанням нерозбірних пластинчастих теплообмінників: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.17.08 - процеси та обладнання хімічної технології / А. П. Юзбашьян – Харків: НТУ «ХП», 2018. – 23 с.

Студент 3 курсу, гр. ТП-61 Кодь Д.С.
Доц., к.т.н. Боженко М.Ф.

ТВЕРДОПАЛИВНІ КОТЛИ НА БІОМАСІ В КОТЕЛЬНЯХ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТА ПОМІРНО-ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Одними з найбільш актуальних завдань, що стоять перед державою останніми роками, є скорочення споживання дорогого імпортного палива – природного газу, а також збільшення частки використання відновлюваних джерел енергії.

Зараз сучасний ринок опалювальних систем пропонує різні типи котлів, які відрізняються не тільки ціною, але і призначені для різного палива. Робота твердопаливних котлів формується за принципом «верхнього горіння». Кисень подається зверху, що дає можливість горіти виключно верхньому шару твердого палива. Поступово вогонь спускається і доходить до нижнього шару. Завдяки такому принципу досягається істотна економія палива і повністю контролюється процес його згоряння. Ця технологія дозволяє паливу горіти досить тривалий час і ефективно обігрівати приміщення. Сфера застосування у твердопаливних котлів дуже велика, адже такий опалювальний агрегат можна встановити практично в будь-якому об'єкті з водяним опаленням. З його допомогою можна значно скоротити витрати на опалення.

Останнім часом особливої популярності набирають альтернативні опалювальні пристрої. У їх число потрапили і котли, що працюють на біомасі. Така затребуваність серед користувачів пояснюється наявністю ряду переваг. Біомаса є перспективним джерелом енергії як у світі, так і в Україні. На даний час біомаса займає четверте місце у світі за обсягами її енергетичного використання. Протягом останніх років в Україні спостерігається поступове зростання кількості об'єктів і встановленої потужності для виробництва теплової та електричної енергії з біомаси [1].

Для одного з житлових масивів в м. Черкаси отримані наступні витрати теплоти: на опалення (максимальна $Q_o = 236$ кВт; середня за опалювальний період $Q_{o,ср} = 117$ кВт; річна $Q_{o,рiч} = 1779$ ГДж/рік); на гаряче водопостачання (середня за опалювальний період $Q_{гв,ср} = 136$ кВт; середня за літній період $Q_{гв,ср,л} = 87$ кВт; річна $Q_{гв,рiч} = 1707$ ГДж/рік).

Визначення витрати палива в газових котлах та котлах на біомасі базується на ефективності котлів і калорійності палива. Надалі з рівняння теплового балансу визначена річна витрата палива при спалюванні природного газу та біомаси різних видів (табл.1).

Таблиця 1 - Порівняльні характеристики різних видів палива

Паливо	Калорійність, МДж/м ³ (МДж/кг)	Ціна, грн/м ³ (грн/кг)	Витрата палива за рік, м ³ (кг)	Річна вартість палива, грн	Заощадже- ння, %
<i>природний газ</i>	33,9	8,55	126 850	1 084 568	-
<i>деревні гранули</i>	(16,3)	(1,2)	(271 736)	326 083	70
<i>підсушені дрова</i>	(10)	(0,5)	(442 929)	221 465	80
<i>вологі тріски</i>	(8)	(0,65)	(560 250)	364 163	66

Порівняльний аналіз показав, що використання твердого палива, а саме – біомаси різних видів на заміну природному газу дає можливість отримати значну економію. Найефективнішим можна вважати перехід на гранули, оскільки це дозволить отримати економію 70%, а за рахунок вищої калорійності в порівнянні з дровами, річний запас займає значно менше місця.

Перелік посилань:

1. Практичний посібник з використання біомаси в якості палива у муніципальному секторі України, 2017 р.

УДК 621.43.

Романова К.О.; студент 3 курсу, гр. ТП-61 Кодь Д.С.
Проф., д.т.н. Варламов Г.Б.

СУЧАСНІ ВИСОКОЕФЕКТИВНІ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОТУЖНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

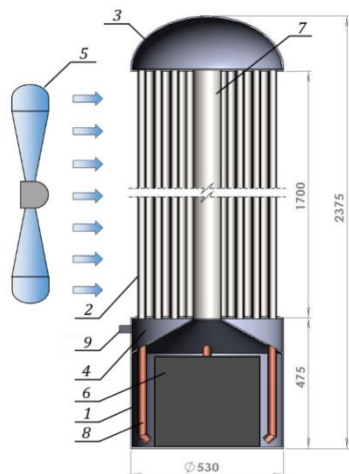
Останнім часом продуктивності потужних комп'ютерних систем піднялася на новий більш високий рівень. Але це все призвело до збільшення тепловиділення електронних компонентів. Для вирішення даного питання необхідно удосконалити системи охолодження процесорів.

Головним завданням є забезпечення необхідного температурного режиму роботи процесорних плат, що виділяють під час роботи значну кількість теплової енергії.

Пряме повітряне обдування плат є малоефективним видом охолодження і не забезпечує необхідного рівня потужності відведення теплоти. Тому для ефективного тепловідведення доцільно використовувати охолодження робочою рідиною (фреонами), яка має низьку температуру кипіння, з використанням властивостей термосифонів[1-3]. Випаровування рідини забезпечує відведення теплоти від процесорних плат.

Особливо це необхідно для центрів накопичення та обробки даних, що мають назву Дата-Центри (ДЦ). Їх призначенням є збір, обробка і передача великої кількості інформаційних даних через супутникові Інтернет-системи.

В основу роботи покладено завдання підвищення тепловідведення від робочих пристроїв та ефективності роботи комп'ютерних плат за рахунок вдосконалення конструкції системи охолодження з використанням багатоканального термосифону[4].



Нова конструкція системи охолодження забезпечує роздільний рух пари робочої рідини у паропід'ємній трубі та конденсаційних потоків робочої рідини, що утворилися у трубному пучку за рахунок його зовнішнього повітряного охолодження набігаючим потоком повітря від вентилятора.

У якості робочого тіла у системі охолодження і використовується доступна рідина з невисоким рівнем вартості (менше у 10 разів за аналогічну рідину 3М). Робоче тіло є абсолютно безпечний для навколишнього середовища Агент - вуглеводневий «холодоагент майбутнього» для побутових холодильників на основі природних газів, економічний за рахунок зниження питомої маси в системі на 30%, має гарну змішувальність з мінеральними маслами, має більш високий холодильний коефіцієнт (чим у R-12), застосування Агента зменшує питоме енергоспоживання, не руйнує озоновий шар (ODP=0) і не сприяє появі парникового ефекту (GWP=0,001), безбарвний, без запаху, розчиняється в органічних розчинниках, з водою утворює клатрати. Розроблена конструкція Дата блоку відповідає сучасним вимогам, які встановлені до аналогічних систем, а саме: питомий вартісний показник відведення теплоти становить 45 доларів США на одиницю відведеної теплоти, а PUE становить 1,016.

Перелік посилань:

1. Bezrodny M.K., Piore I.L., Kostyuk T.O. Transer Processts in Two-Phase Thermosiphon Systems. Theory and Practice. Киев: Факт, 2005.-704с.
2. Патент РФ № 2066518, 1993.04.05, 6 Н05К 7/20
3. Патент РФ № 2373473, 2008.07.16., F28D15/02
4. Патент України №122371, «Багатоканальний термосифон з вертикальною камерою випаровування», 2018.01.10, F28D15/02

Зміст

СЕКЦІЯ №1 АТОМНА ЕНЕРГЕТИКА	3
Про використання нелінійності характеристики маятникової коливальної системи для знаходження початкових умов її руху.	4
<i>ДЗЕРУН М.С., студент гр. ТЯ-81</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Федоров В.М.</i>	
Взаємозв'язок між ядерною та фізичною ядерною безпекою.	5
<i>КАЙДИК Б.В., аспірант;</i> <i>Керівник - провідний інженер. Драпей С.С.;</i> <i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Оцінка радіаційних наслідків при важких аваріях на АЕС.	6
<i>ЗАЯЦЬ М.С., магістрант гр. ТЯ-71мн</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Математичне моделювання нейтронної активності (в потенційно ядерно-небезпечному скупченні) всередині комплексу НБК-ОУ.	7
<i>КАЛЬЯН Г.А., магістрант гр. ТЯ-71мн</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Носовський А.В.</i>	
Удосконалення теплового режиму контейнера для зберігання відпрацьованого ядерного палива шляхом зміни геометричних характеристик вентиляційного тракту.	8
<i>ЛУНЬОВ Д.І., студент гр. НФ-21</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Альохіна С.В.</i>	
Порівняльний аналіз використання програмних комплексів FORTRAN і ЗКЕУМАСТЕР при моделюванні ПМТ ВВЕР-1000 на АЕС України.	9
<i>ПЕЧЕРИЦЯ І.О., магістрант гр. ТЯ-71мн</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Використання дифузійного наближення для розрахунку потвельного енерговиділення.	10
<i>ШЛАПАК І.І., аспірант; ТРОФИМЕНКО О.Р., магістрант гр. ТЯ-61мн</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Носовський А.В.</i>	
Субкритичний реактор, керований прискорювачем.	11
<i>ЛАЗАРЄВ Є.С., студент гр. ТЯ-61</i> <i>Керівник - асист., к.ф.-м.н. Бондар Б.М.</i>	
Джерело нейтронів в субкритичному реакторі.	12
<i>РОЗВАЗКИЙ Я.В., студент гр. ТЯ-61</i> <i>Керівник - асист., к.ф.-м.н. Бондар Б.М.</i>	
Будова Термоядерного реактору.	13
<i>СИТНИК В.О., студент гр. ТЯ-61</i> <i>Керівник - доц., к.ф.-м.н. Лещенко Б.Ю.</i>	
Реактор Жуля Горовиця: новий дослідницький реактор, присвячений випробуванню палива та матеріалів для ядерної промисловості.	14
<i>ГРИТЧИНА К.С., студент гр. ТЯ-52</i> <i>Керівник - доц., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Аналіз відповідності основних нейтронно-фізичних характеристик активної зони після перевантаження палива.	15
<i>ЗАВАЛЬНЮК С.М., студент гр. ТЯ-52</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Диверсифікація палива АЕС.	16
<i>КАРЗАКОВ К.М., студент гр. ТЯ-51</i>	

<i>Керівник - асист., к.т.н. Гуменюк Д.В.</i>	
Визначення найбільш ефективної процедури відновлення при аварії з протічкою першого контуру.	17
<i>КНЬОВЕЦЬ Д.В., студент гр. ТЯ-52</i>	
<i>Керівник - асист. Гашимов А.М.</i>	
Дослідження безпеки ВВЕР-1000 в аваріях з локальною деформацією поля енерговиділення.	18
<i>КОНДРАТОВ С.І., студент гр. ТЯ-52</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Халімончук В.А.</i>	
Аналіз надійності та ремонтпридатності зворотних клапанів на трубопроводах гострої пари.	19
<i>ЛЕЩЕНКО Д.В., студент гр. ТЯ-52</i>	
<i>Керівник - асист. Остапенко І.А.</i>	
Забезпечення працездатності ШРУ-А при скиданні пароводяної суміші, води із забезпеченням надійного виконання функції аварійного скидання.	20
<i>МАТКОВСЬКИЙ А.В., студент гр. ТЯ-52</i>	
<i>Керівник - асист. Остапенко І.А.</i>	
Діагностика герметичності ТВЕЛа в ТВЗ на ядерній установці типу ВВЕР-1000.	21
<i>МИКИТЮК І.О., студент гр. ТЯ-52</i>	
<i>Керівник - проф., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Нейтронно-фізичні розрахунки в обґрунтуванні поточних завантажень ВВЕР-440.	22
<i>ОДИНЕЦЬ В.В., студент гр. ТЯ-52</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Халімончук В.А.</i>	
Водно-хімічний режим у парогенераторі, реактора типу ВВЕР-1000.	23
<i>ПЕТРИЧУК І.О., студент гр. ТЯ-52</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Забезпечення водневої вибухобезпечності реактору ВВЕР-1000.	24
<i>РИЖКО А.В., студент гр. ТЯ-52</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Гуменюк Д.В.</i>	
Визначення найбільш ефективної процедури відновлення при аварії з порушенням реактивності і поля енерговиділення.	25
<i>РОЙ В.С., студент гр. ТЯ-52</i>	
<i>Керівник - асист. Гашимов А.М.</i>	
Аналіз радіаційної стійкості елементів обладнання АЕС.	26
<i>СЕМАК П.С., студент гр. ТЯ-51</i>	
<i>Керівник - доц., к.ф.-м.н. Хоменков В.П.</i>	
Plasma as a source of energy for the future. Development of physics of plasma in the world, achievements of scientists in controlled thermonuclear fusion.	27
<i>СЕМАК П.С., студент гр. ТЯ-51</i>	
<i>Керівник - викладач Шиліна Л.І.</i>	
Дослідження систем, що підвищують рівень безпеки роботи реакторів другого та третього покоління.	28
<i>ТАГЛІН Ю.П., студент гр. ТЯ-52</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Гуменюк Д.В.</i>	
Підвищення ефективності використання відпрацьованого ядерного палива після довгострокового зберігання.	29
<i>ТАРАСЮК Б.В., студент гр. ТЯ-52</i>	
<i>Керівник - ст. викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	

Спринклерна система пасивного типу реакторної установки ВВЕР-1000.	30
<i>ТКАЧ О.С., студент гр. ТЯ-51</i>	
<i>Керівник - асист. Федоров Д.О.</i>	
Визначення набору реєстрованих параметрів, які достовірно характеризують перехід від запроектої аварії до тяжкої аварії.	31
<i>ФІЛОНЮК Д.А., студент гр. ТЯ-52</i>	
<i>Керівник - асист. Гашимов А.М.</i>	
Нейтронно-фізичні розрахунки в обґрунтуванні поточних завантажень ВВЕР-1000.	32
<i>ШИНКАРЧУК Д.О., студент гр. ТЯ-52</i>	
<i>Керівник - , к.т.н. Халімончук В.А.</i>	
Зняття з експлуатації АЕС.	33
<i>БУРЛАКА А.В., студент гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - асист. Остапенко І.А.</i>	
Підвищення глибини вигорання палива на водо-водяних енергетичних реакторах.	34
<i>ВОЛІВАЧ Т.І., студент гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - асист. Остапенко І.А.</i>	
Порівняльний аналіз експлуатації нової та типової корпусних сталей для реакторів ВВЕР-1000.	35
<i>ДАНИЛЕНКО В.С., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Альтернативні методи оцінки надійності персоналу в імовірнісних аналізах безпеки Українських АЕС.	36
<i>ДЯЧЕНКО А.Д., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - асист. Клевцов С.В.</i>	
Розробка кінцево-різницевого алгоритму розрахунку ВВЕР-1000 в двох-груповому дифузійному наближенні для аналізу ксенонових перехідних процесів.	37
<i>РАКОВЕЦЬ О.С., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Халімончук В.А.</i>	
Розробка кінцево-різницевого алгоритму розрахунку нестационарних двох-групових рівнянь дифузії та його використання в аналізі швидких перехідних проце.	38
<i>РИГА Д.О., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Халімончук В.А.</i>	
Аналіз можливості реалізації стратегії утримання розплаву всередині корпусу реактора ВВЕР-440/В-213 шляхом його зовнішнього охолодження на прикладі ен.	39
<i>РУДЕНКО Ю.Ю., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Гуменюк Д.В.</i>	
Підвищення експлуатаційної надійності парогенератора ПГВ-1000.	40
<i>ТИМОЩУК О.І., магістрант гр. ТЕТЕ-1</i>	
<i>Керівник - доц., к.х.н. Коваленко Т.П.</i>	
Аналіз стратегії підживлення ПГ від МНУ при важкій аварії з повним знеструмленням АЕС.	41
<i>ШАМБІР Д.В., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Гуменюк Д.В.</i>	
Оптимізація алгоритму управління аварією: "теча з першого контуру в другий".	42
<i>ШУЛЬГАЧ Д.А., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	

<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Вплив витрати теплоносія на термічний опір двофазних термосифонів.	43
<i>БОРТНИК М.І., магістрант гр. ТЯ-71мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Валідація нейтронно-фізичного Монте-Карло коду Serpent на основі другої серії експериментальних даних з ядерної системи Кіотського університету KUCA.	44
<i>ТРОФИМЕНКО О.Р., магістрант гр. ТЯ-71мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Носовський А.В.</i>	
Дослідження тепловідводу системи термостабілізації датчика радіаційного контролю теплоносія другого контуру.	45
<i>ЯНКОВСЬКИЙ В.Г., магістрант гр. ТЯ-71мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Розрахунок активності поверхневого шару бетону шахти реактору типу ВВЕР-1000 за тритієм.	46
<i>БСЛИХ Д.О., аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Вивчення синергії між атомною енергетикою та відновлювальними джерелами енергії.	47
<i>БРИЖУК Є.В., магістрант гр. ТЯ-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Водневе охрупчування і гідридне руйнування цирконієвих виробів водоохолоджуючих ЯЕУ.	48
<i>ВЕРШНЯК В.Л., студент гр. ТЯ-51</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Аналіз необхідності та тривалості охолодження осклованих високоактивних відходів утворених після переробки палива ВВЕР.	49
<i>ВОЙТКО Я.І., магістрант гр. ТЯ-81мн</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Кондратюк В.А.</i>	
Розробка інформаційної бази даних для забезпечення демонтажу обладнання АЕС.	50
<i>ГАВЛІЧУК Д.В., магістрант гр. ТЯ-81мн</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Філатов В.І.</i>	
Автоматичний регулятор на базі Arduino розширеного функціоналу.	51
<i>ГОНЧАРУК В.Г., магістрант гр. ТЯ-81мн</i>	
<i>Керівник - асистент Остапенко І.А.</i>	
Реактор не накопичувач типу ВВЕР-Т.	52
<i>ГОРБАЧИК С.О., студент гр. ТЯ-51</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Кондратюк В.А.</i>	
Використання детерміністичних методів при аналізі порушень у роботі АЕС України.	53
<i>ДАРИБОГОВ М.М., студент гр. ТЯ-51</i>	
<i>Керівник - асист. Серафим Р.І.</i>	
Аналіз безпеки реакторів малої потужності на легкій воді.	54
<i>ДОНСЬКИЙ Д.О., магістрант гр. ТЯ-81мн</i>	
<i>Керівник - асист. Гуменюк Д.В.</i>	
Оцінка технічного стану мостового крану кругової дії в/п 320/160/2x70 т енергоблоку №1 ВП ХАЕС з метою продовження строку експлуатації.	55
<i>ЗАЦАРИННИЙ Р.В., магістрант гр. ТЯ-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Оцінка радіаційних наслідків при важких аваріях на АЕС.	56
<i>ІВАНОВ З.В., магістрант гр. ТЯ-71мн</i>	

<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Кондратюк В.А.</i>	
Визначення найбільш ефективної процедури відновлення при аварії з течєю з першого контуру в другий.	57
<i>КОВРІГІН В.В., студент гр. ТЯ-52</i>	
<i>Керівник - асист. Гашимов А.Р.</i>	
Алгоритм врахування комбінацій зовнішніх екстремальних впливів в імовірнісному аналізі безпеки.	58
<i>КОКОРСЬКИЙ А.Р., магістрант гр. ТЯ-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Аналіз реалізації постфукусімських заходів для підвищення безпеки басейну витримки енергоблоку з ВВЕР-440.	59
<i>КОПЧИНСЬКА І.В., магістрант гр. ТЯ-71мн</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Аналіз впливу невизначеності та чутливості спектрального ефекту на макроскопічні перерізи ТВЗ ВВЕР-1000	60
<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>	
Особливості переведення РУ в безпечний стан при течіях з першого в другий контур.	61
<i>МИРОНЕНКО М.О., студент гр. ТЯ-51</i>	
<i>Керівник - асист. Серафим Р.І.</i>	
Розробка вимог при транспортуванні низько активних матеріалів.	62
<i>НОСКЕВИЧ І.М., магістрант гр. ТЯ-81МП</i>	
<i>Керівник - к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Визначення технічного стану та ресурсу корпусів реакторів в процесі експлуатації.	63
<i>ОМЕЛЬЧУК Е.О., студент гр. ТЯ-51</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Аналіз безпеки при самоході керуючих груп ОР СУЗ ВВЕР-1000 в режимі добового маневрування потужності.	64
<i>ОНИЩУК Ю.А., магістрант гр. ТЯ-71мн</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Овдієнко Ю.М.</i>	
Герметизація оболонок ТВЕЛ під час завантаження та перевантаження ядерного палива.	65
<i>ОСТАПОВЕЦЬ А.О., студент гр. ТЯ-51</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Кондратюк В.А.</i>	
Контрольований термоядерний синтез та фізика плазми.	66
<i>ПАЛАМАРЧУК М.М., студентка гр. ТЯ-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.ф.-м.н. Лещенко Б.Ю.</i>	
Методика переробки опроміненого графіту з метою подальшого захоронення.	67
<i>ПАПЕЖУК Д.П., студент гр. ТЯ-51</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Особливості запобігання накопичення водню на РУ з ВВЕР.	68
<i>ПОТОСКУЄВ В.С., студент гр. ТЯ-51</i>	
<i>Керівник - асист. Серафим Р.І.</i>	
Analysis of existing mathematical methods to build models of serve accidents on NPP with PWR.	69
<i>ПОТОСКУЄВ V.S., master гр. ТЯ-51</i>	
<i>Керівник - Lect. Shilina L.I.</i>	
Методика кількісної оцінки порушень в роботі АЕС.	70
<i>РУДЕНКО Я.О., студент гр. ТЯ-52</i>	

<i>Керівник - асист. Серафим Р.І.</i>	
Аналіз стану трубопроводів першого контуру для енергоблоків ВП"ЗАЕС" з метою продовження їх експлуатації.	71
<i>ХАРЧЕНКО А.С., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Розробка моделі гіпотетичної ядерної установки і систем фізичного захисту.	72
<i>Яцюк О.А., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - викл., ас. Остапенко І.А.</i>	
Проблематика процесів деградації геометрії вигородки ВВЕР-1000 при роботі АЕС у понад проектний термін.	73
<i>ФІЛОНОВА Ю.С., аспірант</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Кондратюк В.А.</i>	
Применение теории подобия для уменьшения плотности дискретизации CFD-модели центробежного насоса.	74
<i>ДУБИНА О.В., студент гр. ТЯ-81</i>	
<i>Керівник - Філонов В.В.</i>	
Аналіз розрахунково-аналітичного обґрунтування протиаварійних процедур для АЕС з ВВЕР.	75
<i>СЕМКО Є.М., студент гр. ТЯ-51</i>	
<i>Керівник - асист. Федоров Д.О.</i>	
Віброшумова діагностика реактора ВВЕР.	76
<i>СУЛЬЖИК Т.О., студент гр. ТЯ-51</i>	
<i>Керівник - асист. Федоров Д.О.</i>	
Спринклерна система пасивного типу для реакторної установки ВВЕР-1000.	77
<i>ТКАЧ О.С., студент гр. ТЯ-51</i>	
<i>Керівник - асист. Федоров Д.О.</i>	
Визначення найбільш ефективної процедури відновлення при аварії з течєю з першого контуру в другий.	78
<i>КОВРІГІН В.В., студент гр. ТЯ-52</i>	
<i>Керівник - асист. Гашимов А.Р.</i>	
Застосування турбопривідних аварійних живильних насосів в схемах АЕС з ВВЕР-1000.	79
<i>МАНДРИЧЕНКО К.Е., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Клевцов С.В.</i>	
Обґрунтування стратегії низького тиску в умовах повного довгострокового знеструмлення аес с реакторами ВВЕР-1000.	80
<i>ЛІННИК М.В., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Розробка кінцево-різницевого алгоритму розрахунку нестационарних двох-групових рівнянь дифузії та його використання в аналізі швидких перехідних проце.	81
<i>РИГА Д.О., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Халімончук В.А.</i>	
Розробка схеми інфраструктури по поводженню з радіоактивними відходами при знятті з експлуатації АЕС.	82
<i>САВЧУК М.В., студент гр. ТВ-61м</i>	
<i>Керівник - викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Організація заходів з інформаційної безпеки на об'єктах ядерної галузі.	83
<i>СЕМЕНЮК А.М., магістрант гр. ТЯ-71мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	

Розробка заходів по підвищенню надійності парогенератора блоку №5 ЗАЕС.	84
<i>ТИТОВ А.С., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Шляхи підвищення ефективності паливних завантажень в реакторах типу ВВЕР-440.	85
<i>БАСЮК Р.В., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Продовження терміну зберігання відпрацьованого ядерного палива на майданчику ССВЯП ЗАЕС шляхом оптимізації ширини вентиляційного тракту контейнера.	86
<i>ГОРБАНЬ І.П., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Кондратюк В.А.</i>	
Управління термомеханічними дефектами в системах охолодження обмоток статорів турбогенераторів АЕС.	87
<i>ІЛЛІН О.М., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Кондратюк В.А.</i>	
Підвищення інформаційної безпеки на основі аналізу інцидентів на ядерних об'єктах.	88
<i>КАЛАБСЬКИЙ В.В., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Підвищення рівня фізичної ядерної безпеки при транспортуванні ядерних та інших радіоактивних матеріалів.	89
<i>КВІТКА В.А., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Огляд існуючих систем фільтрованого скидання середовища з гермооболонки.	90
<i>ОДАРЧУК А.М., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - асист. Гуменюк Д.В.</i>	
Аналіз попереджувальних та захисних заходів по відношенню до загроз, які надходять від внутрішнього правопорушника.	91
<i>ПІНЬОГА С.М., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Розробка програмних алгоритмів режиму слідування за потужністю модернізованої СВРК.	92
<i>ПРОКОПЧУК А.А., магістрант гр. ТЯ-81мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Оцінка термодинамічних умов ЗЛА СГО при запроектних аваріях на АЕС з ВВЕР-1000.	93
<i>ФЕДОРОВ Д.О., аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Туз В.О.</i>	
Восстановление поля турбулентных пульсаций на поверхности шахты и корпуса ВВЭР-1000 используя процедуру генерации синтетической турбулентности.	94
<i>ФІЛОНОВ В.В., аспірант</i>	
<i>Керівник - , к.т.н. Дубик Я.Р.</i>	
Комплексная процедура оценки граничных условий при переходных процессах для элементов верхнего блока ВВЭР-1000.	95
<i>ФІЛОНОВ В.В., аспірант; ФІЛОНОВА Ю.С., аспірант</i>	
Прогнозирование начальной динамики процесса парообразования в перегретой жидкости при движении волны декомпрессии.	96
<i>ФІЛОНОВ В.В., аспірант; ФІЛОНОВА Ю.С., аспірант</i>	

Керівник - асист., Федоров Д.О.

СЕКЦІЯ №2 ТЕПЛООБМІН І ГІДРОДИНАМІКА В ТЕПЛОПЕРЕДАЮЧИХ І ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРИСТРОЯХ	97
Нанорідини як перспективні теплоносії. <i>МАРТИНЕНКО Г.С., аспірант</i> Керівник - проф., д.т.н. Кравець В.Ю.	98
Сумішевий теплоносій в кріокулерах. <i>ЛИТВИНЕНКО М.П., аспірант</i> Керівник - проф., д.т.н. Туз В.О.	99
Влияние высоты ограничения на коэффициенты теплоотдачи при кипении на пористой поверхности. <i>МЕЛЬНИК Р.С., аспірант</i> Керівник - проф., д.т.н. Кравець В.Ю.	100
Схема застосування теплових труб в приймально-передавальному модулі АФАР. <i>НОВИЦЬКИЙ А.А., студент гр. ТЕ-61-2</i> Керівник - пров.н.спів., д.т.н. Ніколаєнко Ю.Є.	101
Моделювання теплового стану наносупутника PolyITAN-4-Bio. <i>ПОЛОВИНКІН К.О., студент гр. ТЕ-61-2</i> Керівник - ст.н.спів., к.т.н. Рассамакін Б.М.	102
Теплообмінник припливної установки котельні системи теплопостачання. <i>БАЧЕНКО А.О., студент гр. ТФ-51</i> Керівник - доц., к.т.н. Лебедь Н.Л.	103
Вплив зовнішнього оребрення зони конденсації на теплопередавальні характеристики теплової труби. <i>ВАСИЛЬЄВА А.Д., студент гр. ТФ-51</i> Керівник - асист., к.т.н. Семеняко О.В.	104
Вплив гравітаційної складової на теплопередавальні характеристики мініатюрної теплової труби. <i>ДАЦЕНКО О.О., студент гр. ТФ-51</i> Керівник - асист. Піцина І.Г.	105
Установка для дослідження процесу сушіння дерев'яної тріски (біомаси). <i>КОНЬКО Д.В., студент гр. ТФ-51</i> Керівник - асист., к.т.н. Семеняко О.В.	106
Тепловий режим акумулятора вагону при охолодженні тепловими трубами. <i>ЛІПНІЦЬКИЙ Л.В., студент гр. ТФ-51</i> Керівник - асист. Алексеїк О.С.	107
Система охолодження електронних елементів ноутбука на основі теплових труб. <i>МИХАЙЛИК В.Ю., студент гр. ТФ-51</i> Керівник - асист. Алексеїк О.С.	108
Теплообмін і аеродинаміка теплообмінних апаратів з плоскоовальними трубами, які працюють в умовах природньої тяги. <i>МОКРИЙ М.Ю., студент гр. ТФ-51</i> Керівник - доц., к.т.н. Баранюк О.В.	109
CFD-моделювання теплогідрравлічних і міцнісних характеристик	

пластинчатого теплообмінного апарату.	110
<i>ПІВЕНЬ К.П., студент гр. ТФ-51</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Баранюк О.В.</i>	
Дослідження гідравлічних характеристик метало-волокнистих капілярно-пористих структур.	111
<i>СВІДЕРСЬКИЙ А.В., студент гр. ТФ-51</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Шевель Є.В.</i>	
Дослідження ефективності плоского сонячного колектора з вільною циркуляцією теплоносія.	112
<i>СМОЛЬЧЕНКО Д.А., студент гр. ТФ-51</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Шевель Є.В.</i>	
Теплові характеристики комбінованого сонячного колектора.	113
<i>ТКАЧ В.М., студент гр. ТФ-51</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Шевель Є.В.</i>	
Вплив часу експлуатації термосифонів із нанорідинами на їх теплопередавальні характеристики.	114
<i>ШУЛЬГА М.В., студент гр. ТФ-51</i>	
<i>Керівник - асист. Алексеїк О.С.</i>	
Теплообмінник гарячого водопостачання районної котельні.	115
<i>ЮДІН І.І., студент гр. ТФ-51</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Лебедь Н.Л.</i>	
Методика URANS при моделюванні турбулентного теплообміну у внутрішніх течіях з перешкодами мінімального опору.	116
<i>БУРДЬ Р.Г., магістрант гр. ТФ-81мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.ф.-м.н. Воропаєв Г.О.</i>	
Вплив типу теплообмінника на термодинамічні і теплогідравлічні характеристики однокаскадної кріогенної установки.	117
<i>ГЛУШКО І.В., магістрант гр. ТФ-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Лебедь Н.Л.</i>	
Методика LES при моделюванні турбулентного теплообміну у внутрішніх течіях з перешкодами мінімального опору.	118
<i>ГРОНЬ С.С., магістрант гр. ТФ-81мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Воропаєв Г.О.</i>	
Теплопередаючі характеристики гнучкого термосифону.	119
<i>ЖУРАКІВСЬКИЙ А.В., магістрант гр. ТФ-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Шевель Є.В.</i>	
Розробка кріогенної машини для довготривалого зберігання біоматеріалів.	120
<i>ЛЕТЕНКО Д.Е., магістрант гр. ТФ-81мн</i>	
<i>Керівник - ст.н.спів., к.т.н. Мостицький А.В.</i>	
CFD-моделювання ресуспензії радіоактивних аерозолів в новому безпечному конфайнменті.	121
<i>ОЛІЙНИК В.С., магістрант гр. ТФ-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Баранюк О.В.</i>	
Тепловий стан наносупутника PolyTAN-3.	122
<i>СТАРОВІТ І.С., магістрант гр. ТФ-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Шевель Є.В.</i>	
Вплив параметрів капілярної структури на її проникність.	123
<i>ЧЕРВОНЮК А.О., магістрант гр. ТФ-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Шевель Є.В.</i>	
Использование наножидкостей в качестве теплоносителей для испарительно-конденсационных систем.	124

<i>ГУРОВ Д.И., магістрант гр. ТФ-71мн</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Теплообмін в плівці рідини, яка стікає по вертикальній поверхні.	125
<i>ДЯДЮШКО Є.В., магістрант гр. ТФ-71мн</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Лебедь Н.Л.</i>	
Дослідження теплового опору уніфікованої базової несучої конструкції приймально - передавального модуля афар.	126
<i>РЕВА С.А., мол. вчений</i> <i>Керівник - пров.н.спів., д.т.н. Ніколаєнко Ю.Є.</i>	
Взаємозв'язок структури течії та інтенсивності теплообміну на початковій ділянці труби при перехідних числах Рейнольдса.	127
<i>БАСКОВА О.О., аспірант</i> <i>Керівник - проф., д.ф.-м.н. Воропаєв Г.О.</i>	
СЕКЦІЯ №3 ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНІ ПРОЦЕСИ В ТЕПЛО- І ПАРОГЕНЕРУЮЧИХ УСТАНОВКАХ	128
Розрахунок рубашки впорскуючого пароохолоджувача котла високого тиску типу ТП-15.	129
<i>БАНАХ І.С., студент гр. ТК-51</i> <i>Керівник - доц., к.т.н.Мариненко В.І.</i>	
Аналітичний метод розрахунку складу газу, що генерується при газифікації біомас та відходів.	130
<i>БИКОВ Е.Б., студент гр. ТК-51</i> <i>Керівник - викл., к.т.н. Воробйов М.В.</i>	
Утворення золових відкладень на конвективних поверхнях нагріву парових котлів	131
<i>ДУДЧЕНКО А.О. аспірант гр. ТК-81ф</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Лебедь Н.Л.</i>	
Комбіноване використання вугілля та біопалива	132
<i>ДЯЧЕНКО М.О., магістрант гр. ТК-81мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Переведення газового котла Е-10-14ГМ на торф при спалюванні в умовно киплячому шарі.	133
<i>КОВАЛЬОВ В.О., магістрант гр. ТК-81мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Новаківський Є.В.</i>	
Теплогенеруючий пристрій, що використовує сонячну енергію, на основі термосифону, заповненого нанорідиною.	134
<i>КУЗЬМИЧ М.В., магістрант гр. ТК-81мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Мариненко В.І.</i>	
Комп'ютерна діагностика котлів	135
<i>КУЛЕШ Н.С., магістрант гр. ТК-81мп</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Туз В.О.</i>	
Підвищення надійності роботи котла, шляхом розподілення тепловиділення по висоті топки.	136
<i>ЛОГВИНЮК М.О., студент гр. ТК-51</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Новаківський Є.В.</i>	
Використання теплоти відхідних газів котла Е-480-14-560 ГМ за допомогою конденсаційного економайзера з органічним теплоносієм.	137
<i>НЕДІЛЬКО А.В., магістрант гр. ТК-81мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Новаківський Є.В.</i>	

Особливості реконструкції котла БП-50-39-Б з переведенням на спалювання біомаси.	138
<i>ОВЧАРЕНКО Є.С., магістрант гр. ТК-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Мариненко В.І.</i>	
Використання Дніпровського бурого вугілля для спалювання в традиційних котельних агрегатах.	139
<i>ПАЛІЙЧУК Р.Ф., студент гр. ТК-51</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Косячков О.В.</i>	
Розробка димогарного - жаротрубного водогрійного котла для спалювання відходів дерево переробки.	140
<i>РЕВКОВ І., магістрант гр. ТК-81мп</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Воробйов М.В.</i>	
Використання шарового спалювання для утилізації сміття та твердих побутових відходів у водогрійних котлах.	141
<i>РЯБЦУН Р.С., магістрант гр. ТК-81мп</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Воробйов М.В.</i>	
Комбіноване очищення димових газів для пилевугільних ТЕС з використанням напівмокрої технології	142
<i>СТЕПАНСЬКИЙ С.В., магістрант гр. ТК-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Мариненко В.І.</i>	
Економайзерна поверхня з плоскоовальних труб.	143
<i>СУШКОВ Ю.О., магістрант гр. ТК-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Мокре сіркоочищення з використанням сорбентів із лужними властивостями.	144
<i>ШАРОВ Д.О., студент гр. ТК-51</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Мариненко В.І.</i>	
СЕКЦІЯ №4 СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТЕПЛОВІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ	145
Application of tubular modules as highly ecological burners.	146
<i>КОБЫЛИАНСКА О.О., master гр. ТС-81мп</i>	
<i>Керівник - Lect., cand.eng.sc. Siryi O.A.</i>	
Investigation natural oscillations rotor high pressure cylinder turbine K-200-130 in program complex Ansys.	147
<i>MARISYUK B.A., master гр. ТС-81мп</i>	
<i>Керівник - Prof., doc.eng.sc. Chernousenko O.Y.</i>	
Security of computer networks with dynamic IP addressing.	148
<i>POTURAI L.O., master гр. -81мп</i>	
<i>Керівник - Ass.prof., cand.eng.sc. Shklyar V.I.</i>	
Оцінка пошкоджень лопаток парової турбіни за допомогою технології "Siemens acoustic thermography".	149
<i>АНИКЕЄВ Т.Ю., магістрант гр. ТС-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Нікуленкова Т.В.</i>	
Майбутнє сонячної енергетики: проблеми та перешкоди.	150
<i>БЕДНАРСЬКА Я.С., студент гр. ТС-81</i>	
<i>Керівник - асист. Беднарська І.С.</i>	
Експериментальні дослідження алгоритмів скорочення часу вимірювань дилатометричним термометром	151
<i>БЕДНАРСЬКА Я.С., студент гр. ТС-81</i>	
<i>Керівник - Майер Л.О.</i>	
Аналіз математичних моделей багатофазних течій в трубопроводах.	152

<i>БЕДНАРСЬКА І.С., аспірант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Риндюк Д.В.</i>	
Вибір моделі турбулентності при розрахунках нестационарних потоків в паропроводах.	153
<i>БЕДНАРСЬКА І.С., аспірант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Риндюк Д.В.</i>	
Дослідження ресурсних показників ротора високого тиску турбіни Т-110/120-130	154
<i>БЕЛЯК Р.В.- магістрант гр. ТС-81мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Пешко В.А.</i>	
Підвищення надійності циліндрів низького тиску теплофікаційних парових турбін при роботі на часткових режимах	155
<i>БІГУН Д.М.т- магістрант гр. ТС-82мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Грановська О.О.</i>	
Підвищення ефективності паротурбінного блоку використанням газотурбінної установки.	156
<i>БІЛОТІЛ С.В., магістрант гр. ТС-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бутовський Л.С.</i>	
Автоматизовані системи технічної діагностики турбіни К-200-130.	157
<i>БОКОВ Д.С., магістрант гр. ТС-81мп</i>	
<i>Керівник - проф., к.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Газотурбінна надбудова енергоблоків ТЕС	158
<i>БОНДАР О.О. магістрант гр. ТС-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Нікуленкова Т.В.</i>	
Підвищення рівня енергоефективності середньої загальноосвітньої школи за допомогою комп'ютерного моделювання та модернізації теплопункту.	159
<i>БОРОДИН А.А., магістрант гр.</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Єщенко О.І.</i>	
Переваги використання аераційних пиложивильників на вугільних ТЕС.	160
<i>ГАНЖА О.М., студент гр. ТС-пб1</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Меренгер П.П.</i>	
Підвищення ефективності теплообмінних процесів використанням трубної системи	161
<i>ГЕДЗЮК Ю.І., магістрант гр. ТС-82мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бутовський Л.С.</i>	
Взаємозв'язок робочого процесу пальників на основі СНТ та екологічних характеристик вогнетехнічного обладнання при спалюванні природного газу	162
<i>ГОРБАНЬ К.С., - аспірант гр.ТС-71ф</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Абдулін М.З.</i>	
Подовження терміну експлуатації автоматичного стопорного клапану (АЗК) ЦСТ	163
<i>ГОРЯЖЕНКО В.Ю. - аспірант гр.ТС-81ф</i>	
<i>Керівник - проф., к.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Дослідження впливу режимів роботи живильних турбонасосів.	164
<i>ГРИГОР'ЄВ В.Д., магістрант гр. ТС-81мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Пешко В.А.</i>	
Інтенсифікація процесів масообміну при подачі газоподібного палива в зону рециркуляції за стабілізатором.	165
<i>ДІДИК М.Ю., магістрант гр. ТС-81мп;</i>	

<i>МОРОЗ О.С., аспірант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бутовський Л.С.</i>	
Модернізація міських котелень з використанням розробок "НТУУ КПІ" ім. Ігоря Сікорського.	166
<i>ДУНАСНКО В.А., магістрант гр. ТС-81мп;</i>	
<i>ЛАСКУТОВ В.А., магістрант гр. ТС-72мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Сірий О.С.</i>	
Оцінка залишкового ресурсу ресиверів гострої пари турбіни Т-250/300-240	167
<i>ЗАДОРОЖНЯ А.О., студент гр. ТС-81мп</i>	
<i>Керівник - проф., к.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Методика визначення залишкового робочого ресурсу трубопроводів теплових мереж.	168
<i>ЗАПІРКА О.І., магістрант гр. ТС-71мп</i>	
<i>Керівник - проф., к.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Шляхи розвитку паливно-енергетичного комплексу в умовах сучасного ринку.	169
<i>КАЛИЩУК Д.Б., студент гр. ТС-п71</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Дослідження властивостей гранулоутворення при виробництві паливних гранул.	170
<i>КАРАВАЄВ М.Д., магістрант гр. ТС-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Риндюк Д.В.</i>	
Геотермальна енергетика: проблеми та перспективи.	171
<i>КАЧКІВСЬКИЙ Д.О., студент гр. ТС-71</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Збільшення ефективності на виробництві при використанні вторинних енергоресурсів.	172
<i>КЛИМЕНКО В.О., студент гр. ТС-п71</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Високоєфективні сонячні панелі та їх майбутнє.	173
<i>КЛОЧКО Д.С., студент гр. ТП-81</i>	
<i>Керівник - асист. Беднарська І.С.</i>	
Дослідження емісійних показників струменево-нішевої системи.	174
<i>КОБИЛЯНСЬКА О.О., магістрант гр. ТС-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Сірий О.А.</i>	
Оптимізація алгоритму управління аварією: "Досвід аварії на АЕС Фукусіма -1 для безпеки діючих АЕС України	175
<i>КОЛБАБЧУК Н.О., студент гр. ТС-51</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Нікуленкова Т.В.</i>	
Удосконалення теплової схеми теплофікаційної турбіни	176
<i>КОПІЙ І.О., магістрант гр. ТС-82мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Побіровський Ю.М.</i>	
Зниження витрат на власні потреби теплофікаційного енергоблоку.	177
<i>КОСТРИКІНА Ю.С., магістрант гр. ТС-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Побіровський Ю.М.</i>	
Очищення димових газів від оксиду вуглецю при спалюванні вуглеводневих палив.	178
<i>КОЦЮБА О.А., студент гр. ТС-п61</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Меренгер П.П.</i>	
Шляхи підвищення ефективності використання ВЕР для енергетичних потреб країни.	179

<i>КОЦЮБА О.А., студент гр. ТС-61-2</i> <i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Електробаромембранний процес очищення стічних вод від іонів Fe³⁺ з отриманням луку, кислоти і водню	180
<i>КРИВЕНЦОВ О.О., студент гр. ТС-51</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Сірий О.А.</i>	
Утилізація втрат теплоти системи охолодження турбогенератора ТЕЦ за допомогою теплового насосу.	181
<i>КУДЕЛЯ В.Ю., магістрант гр. ТС-81мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Бутовський Л.С.</i>	
Досвід країн Європи в питаннях енергозбереження.	182
<i>КУДІНОВ А.Г., студент гр. ТС-61-2</i> <i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Підвищення енергозбереження - шлях до покращення економічних показників енергетичної галузі країни.	183
<i>КУСК Ю.О., студент гр. ТС-61</i> <i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Тенденції розвитку відновлювальної енергетики в 2018 році.	184
<i>КУНИК А.А., студент гр. ТС-51</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Меренгер П.П.</i>	
Аналіз надійності фотоелектричних компонентів сонячних батарей.	185
<i>ЛИСЕНКО Л.С., студент гр. ТС-81</i> <i>Керівник - асист. Беднарська І.С.</i>	
Перспективи розвитку теплової енергетики.	186
<i>ЛИТВИН Д.В., студент гр. ТС-пб1</i> <i>Керівник - ст.викл. Мнренгер П.П.</i>	
Підвищення виробітку електроенергії теплофікаційними енергоблоками на тепловому навантаженні.	187
<i>ЛИТВИНЕНКО М.О., магістрант гр. ТС-81мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Побіровський Ю.М.</i>	
Керамічна теплоізоляція - перспективний матеріал для теплових мереж	188
<i>ЛИТВИНЕНКО О.В., студент гр. ТС-пб1</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Побіровський Ю.М.</i>	
Удосконалення режимів остановки теплофікаційних парових турбін	189
<i>ЛИТВІНЮК І.Д., магістрант гр. ТС-81мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Грановська О.О.</i>	
Заміна вугільного котла на пелетний для опалення школи.	190
<i>ЛІВЩЕНКО А.А., магістрант гр. ОТ-81мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Шкляр В.І.</i>	
Аналіз роботи пристроїв для регулювання температури перегрітої пари в котлах.	191
<i>ЛИЩУК С.Р., студент групи ТС-51,</i> <i>МОРОЗ О.С., аспірант</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Бутовський Л.С.</i>	
Зниження вмісту NO_x в димових газах за допомогою селективного некаталітичного відновлення.	192
<i>МАЗУР В.П., студент гр. ТС-пб1</i> <i>Керівник - ст.викл. Меренгер П.П.</i>	
Модернізація відцентрово-динамічного сепаратора пилу.	193
<i>МАЗУР В.П., студент гр. ТС-пб1</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Риндюк Д.В.</i>	

Аналіз проблем енергоефективності в Україні.	194
МАМАЙ Д.С., студент гр. ТС-51	
Керівник - асист. Шелешей Т.В.	
Енергія зі сміття.	195
МЕЛЬНИК А.І., студент гр. ТС-п61	
Керівник - ст.викл. Меренгер П.П.	
Комбіноване виробництво енергії - шлях до енергозбереження.	196
МЕЛЬНИК А.І., студент гр. ТС-61-2	
Керівник - асист. Шелешей Т.В.	
Доцільність заміни надбандажних ущільнень лабіринтового типу на сотові на прикладі турбіни К-1000-60/1500-2	197
НАУМЕНКО Д.А., студент гр. ТС-82МП	
Керівник - ст.викл., к.т.н. Пешко В.А.	
Метод оцінки модифікацій, що впливають на ресурс критичних елементів турбін АЕС.	198
НИКУЛЕНКОВ А.Г., аспірант;	
НИКУЛЕНКОВА Т.В., доц., к.т.н.	
Керівник - проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.	
Метод управління котлами на ТЕС.	199
НОВОСАД Ю.Б., магістрант гр. ТВ-61мн	
Керівник - доц., к.т.н. Нікуленкова Т.В.	
Залучення технології плазмової активації палива для використання низкорекційного вугілля на пиловугільних ТЕС.	200
НОСОВ Д.В., аспірант	
Керівник - проф., д.т.н. Кєсова Л.О.	
Економічні переваги модернізації кінцевих ущільнень РВТ турбіни	201
ОВЧАРИК О.М., студент гр. ТС-82мп	
Керівник - ст.викл., к.т.н. Пешко В.А.	
Аналіз проблем альтернативної енергетики в розрізі положень Кіотського протоколу.	202
ОЛІЙНИК І.М., студент гр. ТЕ-41	
Керівник - асист. Шелешей Т.В.	
Адаптація природної мембрани для виробництва водневого палива з води.	203
ПАЛИВОДА О.Ю., студент гр. ТС-51	
Керівник - доц., к.т.н. Побіровський Ю.М.	
Дослідження температурного стану факелу в СНС.	204
ПЕДЮРА В.Ю., магістрант гр. ТС-81мп	
Керівник - доц., к.т.н. Сірий О.А.	
Економічність паротурбінних установок після модернізації системи кінцевих ущільнень.	205
ПЕТРОВЕЦЬ С.О., студент гр. ТС-51	
Керівник - ст.викл., к.т.н. Пешко В.А.	
Аналіз сучасних технологій в тепловій енергетиці	206
П'ЯТАЧУК В.С., студент гр. ТС-81	
Керівник - асист. Беднарська І.С.	
Технічне забезпечення дослідження процесу горіння газоподібного палива.	207
РОЗДЕРІЙ Д.П., магістрант гр. ТС-81мп	
Керівник - доц., к.т.н. Сірий О.А.	
Особливості короткотермінового прогнозування сонячної енергії.	208
РУДИК М.А., студент гр. ТС-81	

<i>Керівник - асист. Беднарська І.С.</i>	
Підвищення рівня енергоефективності дошкільного навчального закладу з використанням комп'ютерного моделювання.	209
<i>САПУНОВ А.О., магістрант гр. –</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Єщенко О.І.</i>	
Струменево-нішева технологія спалювання палива.	210
<i>СОЛОНЬКО Д.С., магістрант гр. ТС-82мп</i>	
<i>Керівник - доц. Абдулін М.З.</i>	
Розробка систем охолодження високотемпературних елементів роторів енергоблоку Т-250/300-240.	211
<i>СТЕЦЕНКО В.В., магістрант гр. ТС-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Грановська О.О.</i>	
Основні тенденції модернізації енергоблоків ТЕС України.	212
<i>ТАЛІМАНЧУК Д.В., студент гр. ТС-61-2</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Зниження емісії оксидів азоту технологічними методами.	213
<i>ТКАЧЕНКО А.В., студент гр. ТС-пб1</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Меренгер П.П.</i>	
Визначення критичних зон валопроводу турбіни Т-250/300-240 для подальшого продовження ресурсу.	214
<i>ТКАЧЕНКО О.О., магістрант гр. ТС-71мп</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Перспективи зниження шкідливих викидів в атмосферу в енергетичній галузі.	215
<i>ТКАЧЕНКО А.В., студент гр. ТС-61-2</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Методика дослідження процесу горіння газоподібного палива.	216
<i>ТКАЧОВ В.І., магістрант гр. ТС-61мп; СІРИЙ О.А.</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Абдулін М.З.</i>	
Потенціал геотермальної енергетики в Україні	217
<i>ФЕДОРОВ І.Ю., студент гр. ТС-51</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Меренгер П.П.</i>	
Огляд перспектив впровадження турбодетандерних установок.	218
<i>ФЕРШАЛ А.М., студент гр. ТС-61</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Виробництво електричної енергії на малих гідроелектростаціях закарпатської області.	219
<i>ФІЦАЙ М.М., магістрант гр. ТВ-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Шкляр В.І.,</i>	
<i>доц., к.т.н. Дубровська В.В.</i>	
Дослідження ресурсних показників ротору високого тиску першого енергоблоку харківської ТЕЦ-5	220
<i>ХРИСТАН О.М., студент гр. ТС-51</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Пешко В.А.</i>	
Аналіз проблем геліоенергетики в Україні та світі.	221
<i>ЧАСНИК В.К., студент гр. ТС-пб1</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Термонапружений стан барабану парогенератора ТП-100.	222
<i>ЧЕРНОВ С.О., аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Засоби зменшення викидів ТЕС	223
<i>ЧМІЛЬОВ М.В., студент гр. ТС-51</i>	

<i>Керівник - доц., к.т.н. Сірий О.А.</i>	
Огляд структурних моделей енергоблоків ТЕС в різних аспектах.	224
<i>ШАХБАЗОВ І.О., студент гр. ТС-71</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Дослідження масообмінних характеристик комбінованого нішево-стабілізаторного пристрою.	225
<i>ШЕВЧЕНКО В.А., магістрант гр. ТС-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Грановська О.О.</i>	
Сучасний стан і перспективи розвитку біопаливних елементів в Україні.	226
<i>ШКОЛЬНИЙ М.С., студент гр. ТС-81</i>	
<i>Керівник - асист. Беднарська І.С.</i>	
Перспективи впровадження енергозберігаючих технологій.	227
<i>ШКУТА М.Ю., студент гр. ТС-61</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
До питання про впровадження зарядних станцій електромобілів на основі ВДЕ в Україні.	228
<i>ЮРЧУК В.С., студент гр. ТС-81</i>	
<i>Керівник - асист. Беднарська І.С.</i>	
Численное моделирование течения пара в регулирующем клапане турбины.	229
<i>ЯКИМЧУК М.О., магістрант гр. ТС-71мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Дослідження аеродинаміки, термічного та термонапруженого стану моделі трубопроводу котлоагрегату.	230
<i>МОРОЗ О.С., аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
СЕКЦІЯ №5 ПРОБЛЕМИ ТЕОРЕТИЧНОЇ І ПРОМИСЛОВОЇ ТЕПЛОТЕХНІКИ	231
Промислові випробування льодоакумулятору.	232
<i>БАРАБАШ В.П., аспірант</i>	
<i>Керівник – проф. д.т.н. Пуховий І. І.</i>	
Дослідження ефективності роботи термоелектричного теплового насосу ALTEC-7005.	233
<i>БОЯНІВСЬКИЙ В.П., молодий вчений</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Барабаш П.О.</i>	
Побудова моделі житлової багатоквартирної будівлі за допомогою програмних продуктів DesignBuilder та RETScreen.	234
<i>МЕЛЬНИКОВА К.І., магістрант гр. ОТ-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Шовкалюк М.М.</i>	
Вплив "клаптикового" утеплення на температурні умови приміщень.	235
<i>МАКСИМЕНКО О.Е., аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Дешко В.І.</i>	
Порівняння методів розрахунку енергоспоживання будівлі.	236
<i>МИКИТА Є.О., магістрант гр. -81</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Шовкалюк М.М.</i>	
Гідродинаміка, охолодження і замерзання води при ударі струменя об верхівки паралельних пластин.	237
<i>КАРНАУХ О.О., магістрант гр. ТП-71мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i>	

Переривчасте опалення громадських будівель.	238
<i>БАРАНЮК А.М., студент гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Система кондиціонування повітря громадських будівель з непрямим випарним охолодженням.	239
<i>ІЖЕВСЬКА Т.Л., студент гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Безпека комп'ютерних мереж з динамічною адресацією за протоколом IP.	240
<i>МАХРОВ М.А., магістрант гр.</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i>	
Аналіз термодинамічної ефективності утилізації теплоти вентиляційного і атмосферного повітря у теплонасосно-рекуператорній схемі опалення та вентиляції.	241
<i>МІСЮРА Т.О., магістрант гр. ТП-71мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Безродний М.К.</i>	
Аналіз ефективності використання теплоти ґрунту та вентиляційних викидів в теплонасосній схемі опалення і вентиляції.	242
<i>ОСЛОВСЬКИЙ С.О., магістрант гр. ТП-71мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Безродний М.К.</i>	
Оптимізація теплового захисту житлових та громадських будівель.	243
<i>СТОРОЖУК М.С., студент гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Про деякі питання інтенсифікації теплообміну в конденсаторах і способи захисту робочих поверхонь.	244
<i>СТОРОЖУК М.С., студент гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Особливості аеродинамічних та теплових процесів у топці котла ПТВМ-100 при заміні штатних пальників на мікрофакільні газові пальники.	245
<i>ЧЕБОТАРЬОВ О.С., магістрант гр. ТП-61м;</i>	
<i>ГЛАЗИРІН С.О., гр.</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Варламов Г. Б.</i>	
Проект модернізації системи вентиляції будівлі навчального корпусу.	246
<i>БОГДАН К.Є., магістрант гр. ТП-81мн</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Шовкалюк Ю.В.</i>	
Ремонт трубопроводу без зупинки подачі перекачуваного середовища до споживача.	247
<i>ГАНЖА В.О., магістрант гр. ТП-81мн</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Шовкалюк Ю.В.</i>	
Оптимізація схем впровадження теплових насосів для тепло- та холодопостачання виробництва.	248
<i>ГОНЧАРУК П.М., магістрант гр. ТП-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Притула Н.О.</i>	
Підвищення ефективності водогрійних котелень помірно-централізованого теплопостачання.	249
<i>ГУТ В.О., магістрант гр. ТП-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Необхідність використання поняття якості енергії (ексергії) в термодинамічному аналізі енергоперетворюючих систем.	250
<i>ДОНЕЦЬ А.В., магістрант гр. ТП-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Куделя П.П.</i>	

Сучасні технології використання альтернативних видів палива у двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ).	251
<i>ЛЮ Я., магістрант гр. ТП-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Барабаш П.О.</i>	
Термодинамічний аналіз теплонасосної-адсорбційної схеми консервування енергетичного обладнання.	252
<i>МАЙСТРЕНКО О.О., магістрант гр. ТП-81мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Безродний М.К.</i>	
Енергетична ефективність біопаливної котельні з економайзером.	253
<i>МИРОПОЛЕЦЬ О.Г., магістрант гр. ТП-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Назарова І.О.</i>	
Особливості аеродинамічних та теплових процесів у топці котла КВГМ-20 при роботі штатного пальника РГМГ-20.	254
<i>МУХІН М.С., магістрант гр. ТП-81мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Варламов Г.Б.</i>	
Проблема коефіцієнта корисної дії (ККД) в енергетиці.	255
<i>МУХІН М.С., магістрант гр. ТП-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Куделя П.П.</i>	
Використання біомаси як палива в муніципальному секторі України.	256
<i>МУХІН О.В., магістрант гр. ТП-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Назарова І.О.</i>	
Використання теплоти вентиляційних викидів для нагрівання припливного повітря.	257
<i>НЕСТЕРЕНКО Л.В., магістрантка гр. ТП-381мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Порівняльні характеристики повітрянагрівачів в системах механічної вентиляції.	258
<i>НЕСТЕРЕНКО Л. В., магістрантка гр. ТП-381мн</i>	
<i>СТРИНАДА П. С., магістрант гр. ТП-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Утилізація теплоти димових газів промислових котелень малої теплопродуктивності.	259
<i>НІКІТЕНКО Н.О., магістрант гр. ТП-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Теплонасосна система повітряного опалення та вентиляції з рекуператором теплоти та рециркуляцією відпрацьованого повітря.	260
<i>ОПАНАСЮК І.Ю., магістрант гр. ТП-81 мн;</i>	
<i>ПРИТУЛА Н.О., доц., к.т.н.</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Безродний М.К.</i>	
Сучасні сонячні термодинамічні електростанції в Європі і Америці.	261
<i>ОРЛОВ О.О., магістрант гр. ТП-81мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i>	
Дослідження оптимальних режимів течії в активній зоні контактного газорідного апарату.	262
<i>ПАНЧЕНКО О.О., магістрант гр. ТП-81мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Барабаш П.О.</i>	
Індивідуальна дахова котельня для житлово-офісного комплексу по провулку Кленовому 7, у Печерському районі міста Києва.	263
<i>РУДИКА О.А., магістрант гр. ТП-381мн</i>	
<i>Керівник - асист. Шовкалюк Ю. В.</i>	
Основний принцип енергозбереження в системі опалення.	264
<i>СОВІНСЬКИЙ М.В., студент гр. ТП-81мн</i>	

<i>Керівник - доц., к.т.н. Куделя П.П.</i>	
Аналіз технічного стану газоперекачувальних агрегатів України.	265
<i>СОВІНСЬКИЙ М.В., студент гр. ТП-81мп</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Соломаха А.С.</i>	
Дослідження роботи теплонасосного опріснювача води.	266
<i>СТИРНАДА П.С., магістрант гр. ТП-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Соломаха А.С.</i>	
Оптимізація вибору насосів рециркуляції котельні.	267
<i>ТАТАРИН Б.П., магістрант гр. ТП-81мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Шовкалюк Ю.В.</i>	
Сонячні фотоелектричні панелі та сонячні термічні колектори.	268
<i>ТИЩЕНКО П.І., магістрант гр. ТП-81мп</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i>	
Основні результати модельнізації пального системи котла ПТВМ-180 при застосуванні мікро-факельних пальників.	269
<i>У Ц., магістрант гр. ТП-81мп</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Варламов Г.Б.</i>	
Додаткові конвективні поверхні для водоگрійних котлів марки КВГМ з метою глибокої утилізації теплоти відхідних газів та підвищення їх ККД.	270
<i>ШАПОВАЛ І.А., магістрант гр. ТП-81мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Голяд М.Н.</i>	
Спосіб і експериментальне виготовлення елементів льодяної огорожі.	271
<i>ДУБ'ЯГА Д.О., студент гр. ТП-51</i>	
<i>Керівник - проф. Пуховий І.І.</i>	
Особливості використання акумуляторів теплоти.	272
<i>КОЧЕТКОВ Д.В., студент гр. ТП-51</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Соломаха А.С.</i>	
Способи та обладнання для виробництва льоду.	273
<i>ЛЕМЕЩЕНКО Р.М., студент гр. ТП-51</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Барабаш П.О.</i>	
Перспективні компресори теплових насосів для роботи на водяній парі (R718).	274
<i>МАЗУРУК Р.С., студент гр. ТП-51</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Голяд М.Н.</i>	
Параметричні та режимні обмеження реального використання теплових насосів в системах низькотемпературної утилізації теплоти відхідних газів енерготехн.	275
<i>МІТЧЕНКО І.О., студент гр. ТП-51</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Голяд М.Н.</i>	
Оптимізація режимів роботи утилізаторів теплоти димових газів в котельнях при зволоженні дуттьового повітря.	276
<i>ОЗЕРУГА О.В., студент гр. ТП-51</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Акумулявання великого об'єму льоду і снігу.	277
<i>ПОДОБА І.В., студент гр. ТП-51</i>	
<i>Керівник - проф. Пуховий І.І.</i>	
Шляхи зменшення кількості полігонів для захоронення твердих відходів (ТПВ) в Україні.	278
<i>СЛОБОЖАН М.М., студент гр. ТП-51</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Голяд М.Н.</i>	
Переривчаста вентиляція громадських будівель.	279

<i>АНТОНЕНКО Б. М., студента гр. ТП-61</i> <i>Керівник - доц., к. т. н. Боженко М. Ф.</i>	
Перспективи розвитку вітрової енергетики в Україні.	280
<i>БУЗОВЕРЯ Д.В., студент гр. ТП-61</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Про конструктивні особливості та перспективи застосування теплообмінних апаратів.	281
<i>КАПОШКО К.С., студент гр. ТП-61</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Зменшення втрат теплоти через світлопрозорі конструкції будівель.	282
<i>ЯРОШЕВИЧ М. В., студент гр. ТП-61</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М. Ф.</i>	
Про конденсацію рухомої водяної пари всередині вертикальних труб.	283
<i>ГРИЩЕНКО В.І., студент гр. ТП-71;</i> <i>ДОВГАНЬ І.В., студент гр. ТП-71</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Особливості теплообміну при конденсації на пакетах горизонтальних оребрених труб.	284
<i>КРАВЧУК К.С., студент гр. ТП-71;</i> <i>МАРАХОВСЬКА В.Ю., студент гр. ТП-71</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Особливості застосування водневого палива у контактному теплогенераторі.	285
<i>ВОВЧЕНКО Д.І., магістрант гр. ТП-81мн;</i> <i>ЦЗЕ Ш., гр.</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Варламов Г.Б.</i>	
Особливості гофрованих теплообмінних поверхонь кожухопластинчастих теплообмінників.	286
<i>ОДУДЕНКО Ю.М., студент гр. ТП-61</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Твердопаливні котли на біомасі в котельнях децентралізованого та помірно-централізованого тепlopостачання.	287
<i>КОДЬ Д.С., студент гр. ТП-61</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Сучасні високоефективні системи охолодження потужних комп'ютерних систем.	288
<i>РОМАНОВА К.О.,</i> <i>КОДЬ Д.С., студент гр. ТП-61</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Варламов Г.Б.</i>	

Показчик авторів докладів

- Chernousenko O.Y., 147
Kobylianska O.O., 146
Marysiuk B.A., 147
Potoskuiev V.S., 69
Poturai L.O., 148
Shilina L.I., 69
Shklyar V.I., 148
Siryi O.A., 146
Абдулін М.З., 162, 210, 216
Алексеїк О.С., 107, 108, 114
Альохіна С.В., 8
Анікеев Т.Ю., 149
Антоненко Б. М., 279
Банах І.С., 129
Барабаш В.П., 232
Барабаш П.О., 233, 251, 262, 273
Баранюк А.М., 238
Баранюк О.В., 109, 110, 121
Баскова О.О., 127
Басюк Р.В., 85
Баченко А.О., 103
Беднарська І.С., 150, 152, 153, 173, 185,
206, 208, 226, 228
Беднарська Я.С., 150, 151
Безродний М.К., 241, 242, 252, 260
Беляк Р.В., 154
Белих Д.О., 46
Биков Е.Б., 130
Бібік Т.В., 5, 29, 42, 48, 59, 62, 63, 67, 82,
83, 85, 89, 91, 92
Бігун Д.М., 155
Білотіл С.В., 156
Богдан К.Є., 246
Боженко М.Ф., 238, 239, 243, 249, 257,
258, 259, 276, 279, 282, 287
Боков Д.С., 157
Бондар Б.М., 11, 12
Бондар О.О., 158
Бородін А.А., 159
Бортнік М.І., 43
Боянівський В.П., 233
Брижук Є.В., 47
Бузоверя Д.В., 280
Бурдь Р.Г., 116
Бурлака А.В., 33
Бутовський Л.С., 156, 161, 165, 181, 191
Варламов Г.Б., 245, 254, 269, 285, 288
Васильєва А.Д., 104
Вершняк В.Л., 48
Вовченко Д.І., 285
Войтко Я.І., 49
Волівач Т.І., 34
Воробйов М.В., 130, 140, 141
Воропаєв Г.О., 116, 118, 127
Гавлічук Д.В., 50
Гавриш А.С., 244, 280, 281, 283, 284, 286
Ганжа В.О., 247
Ганжа О.М., 160
Гашимов А.М., 17, 25, 31
Гашимов А.Р., 57, 78
Гедзюк Ю.І., 161
Глазирін С.О., 245
Глушко І.В., 117
Голіяд М.Н., 270, 274, 275, 278
Гончарук В.Г., 51
Гончарук П.М., 248
Горбань І.П., 86
Горбань К.С., 162
Горбачик С.О., 52
Горяженко В.Ю., 163
Грановська О.О., 155, 189, 211, 225
Григор'єв В.Д., 164
Грищенко В.І., 283
Грітчина К.С., 14
Гронь С.С., 118
Гуменюк Д.В., 16, 24, 28, 39, 41, 54, 90
Гуров Д.И., 124
Гут В.О., 249
Даниленко В.С., 35
Дарибогов М.М., 53
Даценко О.О., 105
Дешко В.І., 235
Дзерун М.С., 4
Дідик М.Ю., 165
Довгань І.В., 283
Донець А.В., 250
Донський Д.О., 54
Драпей С.С., 5
Дубик Я.Р., 94
Дубина О.В., 74
Дубровська В.В., 190, 219
Дуб'яга Д.О., 271
Дудченко А.О., 131
Дунаєнко В.А., 166
Дядюшко Є.В., 125
Дяченко А.Д., 36

Дяченко М.О., 132
Єщенко О.І., 159, 209
Жураківський А.В., 119
Завальнюк С.М., 15
Задорожня А.О., 167
Затірка О.І., 168
Зацаринний Р.В., 55
Заяць М.С., 6
Іванов З.В., 56
Іжевська Т.Л., 239
Іллін О.М., 87
Кайдик Б.В., 5
Калабський В.В., 88
Каліщук Д.Б., 169
Кальян Г.А., 7
Капошко К.С., 281
Караваєв М.Д., 170
Карзаков К.М., 16
Карнаух О.О., 237
Качківський Д.О., 171
Квітка В.А., 89
Кєсова Л.О., 200
Клевцов С.В., 36, 79
Клименко В.О., 172
Клочко Д.С., 173
Кньовець Д.В., 17
Кобилянська О.О., 174
Коваленко Т.П., 40
Ковальов В.О., 133
Коврігін В.В., 57, 78
Кодь Д.С., 287, 288
Кокорський А.Р., 58
Колібабчук Н.О., 175
Кондратов С.І., 18
Кондратюк В.А., 49, 52, 56, 65, 73, 86, 87
Конько Д.В., 106
Коньшин В.І., 6, 9, 55, 60, 71, 80, 84
Копій І.О., 176
Копчинська І.В., 59
Кострикiна Ю.С., 177
Косячков О.В., 139
Коцюба О.А., 178, 179
Кочетков Д.В., 272
Кравець В.Ю., 14, 15, 35, 43, 45, 46, 47,
58, 88, 98, 100, 124
Кравчук К.С., 284
Кривенцов О.О., 180
Куделя В.Ю., 181
Куделя П.П., 250, 255, 264
Кудінов А.Г., 182
Куєк Ю.О., 183
Кузьмич М.В., 134
Кулеш Н.С., 135
Куник А.А., 184
Кухоцька О.В., 60
Лазарєв Є.С., 11
Ласкутов В.А., 166
Лебедь Н.Л., 103, 115, 117, 125, 131
Лемещенко Р.М., 273
Летенко Д.Е., 120
Лещенко Б.Ю., 13, 66
Лещенко Д.В., 19
Лисенко Л.С., 185
Литвин Д.В., 186
Литвиненко М.П., 99
Литвиненко М.О., 187
Литвиненко О.В., 188
Литвинюк І.Д., 189
Лівіщенко А.А., 190
Лінник М.В., 80
Ліпницький Л.В., 107
Ліщук С.Р., 191
Логвинюк М.О., 136
Луньов Д.І., 8
Лю Я., 251
Мазур В.П., 192, 193
Мазурук Р.С., 274
Майер Л.О., 151
Майстренко О.О., 252
Максименко О.Е., 235
Мамай Д.С., 194
Мандриченко К.Е., 79
Мараховська В.Ю., 284
Мариненко В.І., 129, 134, 138, 142, 144
Мартиненко Г.С., 98
Матковський А.В., 20
Махров М.А., 240
Мельник А.І., 195, 196
Мельник Р.С., 100
Мельнікова К.І., 234
Меренгер П.П., 160, 178, 184, 186, 192,
195, 213, 217
Микита Є.О., 236
Микитюк І.О., 21
Мироненко М.О., 61
Мирополець О.Г., 253
Михайлик В.Ю., 108
Місюра Т.О., 241
Мітченко І.О., 275
Мокрий М.Ю., 109
Мороз О.С., 165, 191, 230
Мостицький А.В., 120
Мухін М.С., 254, 255
Мухін О.В., 256

Назарова І.О., 253, 256
 Науменко Д.А., 197
 Неділько А.В., 137
 Нестеренко Л.В., 257, 258
 Нікітенко Н.О., 259
 Ніколаєнко Ю.Є., 101, 126
 Нікуленков А.Г., 198
 Нікуленкова Т.В., 149, 158, 175, 198, 199
 Новаківський Є.В., 133, 136, 137
 Новицький А.А., 101
 Новосад Ю.Б., 199
 Носкевич І.М., 62
 Носов Д.В., 200
 Носовський А.В., 7, 10, 44
 Овдієнко Ю.М., 60, 64
 Овчаренко Є.С., 138
 Овчарик О.М., 201
 Одарчук А.М., 90
 Одинець В.В., 22
 Одуденко Ю.М., 286
 Озеруга О.В., 276
 Олійник В.С., 121
 Олійник І.М., 202
 Омельчук Е.О., 63
 Онищук Ю.А., 64
 Опанасюк І.Ю., 260
 Орлов О.О., 261
 Ословський С.О., 242
 Остапенко І.А., 19, 20, 33, 34, 51, 72
 Остаповець А.О., 65
 Паламарчук М.М., 66
 Паливода О.Ю., 203
 Палійчук Р.Ф., 139
 Панченко О.О., 262
 Папежук Д.П., 67
 Педюра В.Ю., 204
 Петричук І.О., 23
 Петровець С.О., 205
 Печериця І.О., 9
 Пешко В.А., 154, 164, 197, 201, 205, 220
 Півень К.П., 110
 Піньбога С.М., 91
 Піщина І.Г., 105
 Побіровський Ю.М., 176, 177, 187, 188,
 203
 Подоба І.В., 277
 Половинкін К.О., 102
 Потоскуєв В.С., 68
 Притула Н.О., 248, 260
 Прокопчук А.А., 92
 Пуховий І.І., 232, 237, 240, 261, 268, 271,
 277
 П'ятачук В.С., 206
 Раковець О.С., 37
 Рассамакін Б.М., 102
 Рева С.А., 126
 Ревко В.І., 140
 Рига Д.О., 38, 81
 Рижко А.В., 24
 Риндюк Д.В., 152, 153, 170, 193
 Рогачов В.А., 21, 23, 132, 143
 Розвазкий Я.В., 12
 Роздерій Д.П., 207
 Рой В.С., 25
 Романова К.О., 288
 Руденко Ю.Ю., 39
 Руденко Я.О., 70
 Рудик М.А., 208
 Рудика О.А., 263
 Рябцун Р.С., 141
 Савчук М.В., 82
 Сапунов А.О., 209
 Свідерський А.В., 111
 Семак П.С., 26, 27
 Семенюк А.М., 83
 Семеняко О.В., 104, 106
 Семко Є.М., 75
 Серафин Р.І., 53, 61, 68, 70
 Ситник В.О., 13
 Сірій О.А., 166, 174, 180, 204, 207, 216,
 223
 Слобожан М.М., 278
 Смольченко Д.А., 112
 Совінський М.В., 264, 265
 Соломаха А.С., 265, 266, 272
 Солонько Д.С., 210
 Старовіт І.С., 122
 Степанський С.В., 142
 Стеценко В.В., 211
 Стирнада П.С., 266
 Сторожук М.С., 243, 244
 Стринада П. С., 258
 Сульжик Т.О., 76
 Сушков Ю.О., 143
 Таглін Ю.П., 28
 Таліманчук Д.В., 212
 Тарасюк Б.В., 29
 Татарин Б.П., 267
 Тимощук О.І., 40
 Тищенко П.І., 268
 Тітов А.С., 84
 Ткач В.М., 113
 Ткач О.С., 30, 77
 Ткаченко А.В., 213, 215

Ткаченко О.О., 214
Ткачов В.І., 216
Трофименко О.Р., 10, 44
Туз В.О., 93, 99, 135
У Ц., 269
Федоров В.М., 4
Федоров Д.О., 30, 75, 76, 77, 93, 96
Федоров І.Ю., 217
Фершал А.М., 218
Філатов В.І., 50
Філонов В.В., 74, 94, 95, 96
Філонова Ю.С., 73, 95, 96
Філонюк Д.А., 31
Фіщай М.М., 219
Халімончук В.А., 18, 22, 32, 37, 38, 81
Харченко А.С., 71
Хоменков В.П., 26
Христан О.М., 220
Цзе Ш., 285
Часник В.К., 221
Чеботарьов О.С., 245
Червонюк А.О., 123
Чернов С.О., 222
Черноусенко О.Ю., 157, 163, 167, 168,
198, 214, 222, 229, 230
Чмільов М.В., 223
Шамбір Д.В., 41
Шаповал І.А., 270
Шаров Д.О., 144
Шахбазов І.О., 224
Шевель Є.В., 111, 112, 113, 119, 122, 123
Шевченко В.А., 225
Шелешей Т.В., 169, 171, 172, 179, 182,
183, 194, 196, 202, 212, 215, 218, 221,
224, 227
Шиліна Л.І., 27
Шинкарчук Д.О., 32
Шкляр В.І., 190, 219
Шкільний М.С., 226
Шкута М.Ю., 227
Шлапак І.І., 10
Шовкалюк М.М., 234, 236
Шовкалюк Ю.В., 246, 247, 263, 267
Шульга М.В., 114
Шульгач Д.А., 42
Юдін І.І., 115
Юрчук В.С., 228
Якимчук М.О., 229
Янковський В.Г., 45
Ярошевич М.В., 282
Яцюк О.А., 72