

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

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИКИ

Матеріали XVI Міжнародної
науково-практичної конференції
аспірантів, магістрантів і студентів
м. Київ, 24-27 квітня 2018 року,

ТОМ 1



Київ- 2018

УДК 524.36

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.

ISBN 978-966-622-886-7

ISBN 978-966-622-887-4 (Т.1)

Подано тези доповідей XVI Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» за напрямками: атомна енергетика, теплообмін і гідродинаміка в теплопередаючих пристроях і енергетичних установках, сучасні технології в тепловій енергетиці, проблеми теоретичної і промислової теплотехніки.

Головний редактор

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

Заступник головного редактора

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

Редакційна колегія:

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

Г.Б. Варламов, д-р техн. наук, проф.,

О.В. Коваль, канд. техн. наук, доц.,

В.О. Туз, д-р техн. наук, проф.,

О.В. Степанець, канд. техн. наук, доц.,

П.О. Барабаш, канд. техн. наук, доц.,

П.П. Меренгер, ст. викладач,

Р.П. Саков, асистент,

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

І.А. Остапенко, 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 26 березня 2018 р.)*

© Автори тез доповідей, 2018

ISBN 978-966-622-886-7

ISBN 978-966-622-887-4 (Т.1)

СЕКЦІЯ №1

Атомна енергетика

ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНІ ПРОЦЕСИ В СИСТЕМАХ ПРИМУСОВОГО СКИДУ ТИСКУ

З початку накопичення досвіду експлуатації систем складного технологічного устаткування, пріоритетним кроком є пошук ідей з метою подальшої модернізації схем, елементів конструкції, удосконалення технологій, всього що впливає на ефективність виконання роботи. Для об'єктів ядерної енергетичної галузі першочергова вимога є вирішення проблем надійності та безпечної експлуатації атомних електричних станцій

Одним з пріоритетних напрямків комплексної програми підвищення безпеки діючих АЕС України[1], що включає в себе реалізацію «пост-фукусімських» заходів, є впровадження технічної можливості контрольованого скиду парогазової суміші з системи приміщень герметичного огороження в умовах запроєктної аварії на енергоблоці. Для цього визначено комплекс обладнання (уніфіковано окремо для блоків), що є основою для системи примусового скиду тиску (СПСТ). Основне призначення останньої - мінімізування впливу таких суттєвих наслідків важкої аварії як:

- воднева небезпека середовища зони локалізації аварії;
- переопресовування контайнменту;

Проте в цьому процесі все ще є необхідність доповнення матеріалів аналітичного обґрунтування впровадження системи та методів очистки парогазової суміші[2]. Саме тому, автором пропонується виконати комплекс розрахунково-аналітичних досліджень ефективності роботи системи з урахуванням термогідравлічного та газодинамічного аспектів за наступною схемою:



Слід зазначити, що робота першого етапу передбачає оцінку величини відносної частки викиду радіонуклідів, що може бути корисно подалі у аналізі радіаційних наслідків.

Перелік посилань:

1. Кабінет Міністрів України; Постанова, КзППБ програма від 07.12.2011 № 1270
2. Технічні вимоги. «Впровадження СПСТ з СГО». 123456.РО.ТТ.01-12, 2014
3. The radiochemistry of nuclear power plants with LWR, Karl-Heinz. Walter de Gruyter Berlin-New York, 1997
4. FCVS for LWR. Harry A. Morewitz. HMA, Tarzana, California, USA, 1988

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-71мн Кальян Г.А.
Проф., д.т.н. Носовський А.В.

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]. Дослідження динаміки температурних градієнтів і нейтронних полів, а також результати моніторингу води у південно-східній частині підреакторного приміщення також підтверджують ймовірність виникнення СЛР.

Вірогідність повторного виникнення нейтронних аномалій 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 особливо актуальним є математичне моделювання динаміки густини потоку нейтронів у випадку «зворотної критичності» (досягнення критичності системою внаслідок зменшення частки води в розмножуючому середовищі), а також корегування розрахункової моделі в частині: уточнення температурного коефіцієнту реактивності та значень запасу реактивності, а також моделювання зростання тиску в системі.

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.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПАЛИВНИХ ЦИКЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТВЗ УДОСКОНАЛЕННОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ РЕАКТОРА ТИПУ ВВЕР-1000.

Продовження компанії палива і збільшення його вигорання в ядерних реакторах АЕС привертають величезну увагу в світі. Це відкриває можливість отримання в перспективі тривалого ресурсу активної зони реактора, при якому компанія палива буде порівнянна з часом життя реактора. Найпростішим і найефективнішим засобом поліпшення економічних показників АЕС є збільшення потужності ядерного реактора без принципової зміни його систем. Шляхом підвищення потужності АЕС полягає в вдосконаленні паливних циклів реакторів що дає можливість максимізації вироблення електроенергії при роботі в базовому режимі експлуатації за рахунок підвищення максимально допустимої потужності реактора [1].

На блоках ВВЕР-1000, що експлуатуються в Україні, використовується 4-ох річний цикл з 12-місячним перевантаженням палива на базі ТВЗА. Як наступний крок розвитку технології ВВЕР з паливом на збагаченому природному урані доцільно розглядати подальше підвищення теплової потужності реактора на 3-6% і перехід до 18 або 24-місячного паливного циклу. Необхідне для цього збільшення енергетичного потенціалу паливних завантажень може бути досягнене трьома способами:

- збільшенням кількості ТВЗ що перевантажуються;
- підвищенням збагачення палива в ТВЗ понад 5% без значного збільшення кількості ТВЗ, що перевантажуються;
- збільшенням маси урану в ТВЗ (збільшенням діаметра паливної таблетки за рахунок зменшення товщини оболонки твела, відмовою від центрального отвору в паливній таблетці).

Перший спосіб потребує реалізації мінімальної кількості технічних та організаційних заходів, проте потребує виконання детального аналізу ефективності використання ядерного палива. Другий спосіб дозволяє збільшити енергопотенціал паливного завантаження до необхідного значення без зниження ефективності використання палива або, зберігши енергопотенціал, підвищити ефективність використання палива. Третій спосіб підвищує енергопотенціал паливного завантаження не більше ніж на 8%, і його доцільно розглядати як доповнення до перших двох [2].

Перспективи введення 18-місячних паливних циклів при збільшеному збагаченні, знижує кількість ТВЗ підживлення на 15-20%, і збільшує вигорання палива приблизно на 20%, при цьому паливна складова собівартості виробництва електроенергії падає приблизно на 6-9% [1].

Метою цієї роботи є збільшення ефективності використання палива за рахунок реалізації на АЕС України безпечних та економічно ефективних паливних циклів, та створення умов для підвищення теплової потужності енергоблоків.

Перелік посилань:

1. Зверков В. В. Резервы повышения мощности действующих АЭС с ВВЭР [Текст] : Зверков В. В., Игнатенко Е. И., Волков А. П., – Москва, 1987. – 77 с.
2. Троянов В. М., «Использование топлива в реакторах ВВЭР: состояние и перспективы» [Текст] : /Троянов В. М., Лавренюк П. И., Лизоркин М. П. – Бил. Росэннергоатома, 2008, №5, с. 22-27.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ВИПРОБУВАНЬ СИСТЕМИ САОЗ ВД МЕТОДОМ НЕ ЛІНІЙНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ

Контролювання експлуатаційних параметрів є дуже важливою річчю. Адже виконання обладнанням його функцій є запорукою безпечної експлуатації. Для випробування дієвості методики було обрано експлуатаційний параметр «подача насосу» системи САОЗ ВД. Вихідні дані були отримані з [1] за 2011 рік. Використовуючи програмні засоби Excel та Onvision було спрогнозовано параметр «подача насосу» на 2012 рік. Для перевірки кореляції між цими двома величинами було використано [2] за 2012.

Аналіз спрогнозованих результатів, та значень отриманих від СНтВ показав розбіжність між ними в 4% що цілком прийнятно для такого виду аналізу. З досліджених 12 точок лише одна показала невідповідність встановленому довірчому інтервалу. Причиною такої розбіжності, можливо, є те що з часом обладнання зношується і тому необхідно виконувати певні ремонтні роботи. Як бачимо, наступна точка повністю вкладається у межі довірчого інтервалу, а отже, точку що не відповідає встановленим критеріям можна виключити з розрахунку. Проте, слід зауважити що лінія тренду свідчить про погіршення показника, тому у майбутньому таких точок може бути більше.

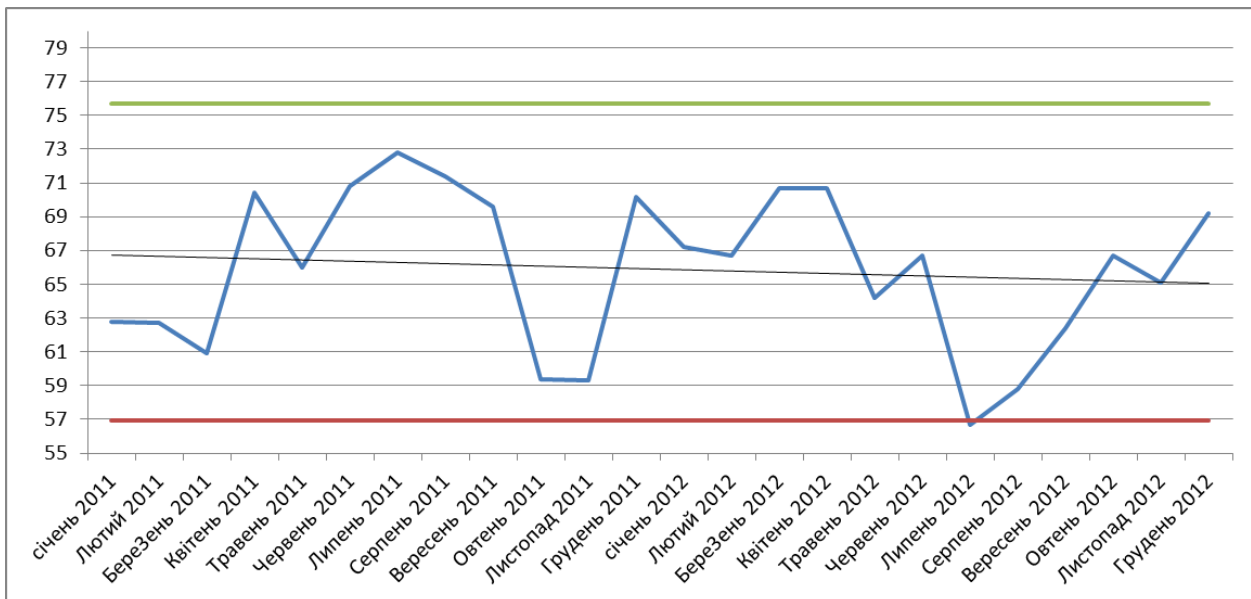


Рисунок 1 – Графічне зображення кореляції величин

Перелік посилань:

1. СНИО. Комплексная регламентная проверка работоспособности оборудования первого канала систем безопасности / СНИО. – Южноукраинск, 2011. – 13 с.
2. СНИО. Комплексная регламентная проверка работоспособности оборудования первого канала систем безопасности / СНИО. – Южноукраинск, 2012. – 13 с.

УДК 621.039.1

Студент 4курсу, гр. ТЯ-41 Басюк Р.В.
Ст.вик., к.т.н. Кондратюк В.А.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПАЛИВНИХ ЗАВАНТАЖЕНЬ В РЕАКТОРАХ ТИПУ ВВЕР

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. Однак, в даний момент, для Рівненської АЕС було розглянуто гіпотетична аварія в сховищі - закипання чистої води, що призводить до перевищення необхідного коефіцієнта розмноження нейтронів. Використання касет другого покоління з уран-гадолієвим паливом цілком ймовірно знімає цю проблему.

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 з урахуванням можливих похибок розрахунків. При цьому проведено порівняння з поточними паливними циклами Рівненської АЕС.

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;
- зниження температури теплоносія при виході на мінімально контрольований рівень потужності;
- 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» СОУ НАЕК 065:2013.

РОЗРАХУНОК ВНЕСКУ РОЗСІЯНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДО ПОТУЖНОСТІ ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ДОЗИ ДЛЯ СИСТЕМИ КОНТЕЙНЕРІВ ЗБЕРІГАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНОВОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА

З метою підвищення енергетичної безпеки ядерного енергетичного комплексу України, Енергетичною стратегією України на період до 2035 р. [1] передбачається створення централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива (ЦСВЯП).

В даній роботі виконано розрахунок внеску розсіяного випромінювання в потужність еквівалентної дози (ПЕД) для системи з чотирьох контейнерів зберігання відпрацьованого ядерного палива (ВЯП). Внеском розсіяного випромінювання в ПЕД являє собою збільшення ПЕД навколо контейнеру зберігання ВЯП в системі з чотирьох контейнерів у порівнянні зі значенням ПЕД для системи з одного контейнеру (відсутність зовнішніх розсіювачів). Розрахунок було проведено для усіх можливих типів випромінювання від контейнеру з ВЯП: гамма випромінювання різних енергій (в т. ч. ^{60}Co конструкційних елементів ВЯП), нейтронне випромінювання, індуковане нейтронним випромінюванням вторинне гамма випромінювання.

Розрахунок проводився за допомогою модулю SAS3 програмного комплексу SCALE 4.4a методом Монте-Карло для репрезентативно-консервативної точки, що була обрана з аналізу діяльності персоналу по обслуговуванню контейнеру з ВЯП. Розрахункова модель представляє собою коридорне розташування чотирьох контейнерів зберігання ВЯП HI-STORM, що встановлені на бетонну плиту, один з контейнерів є джерелом випромінювання різних типів j , інші контейнери є розсіювачами. Відстань від бокових поверхонь сусідніх контейнерів складає 1 м. Результати розрахунку наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Внесок розсіяного випромінювання до ПЕД від сусідніх трьох контейнерів в системі з чотирьох контейнерів

Тип випромінювання j	Індивідуальний внесок до ПЕД, %
Гамма випромінювання паливної зони	25
Нейтронне випромінювання паливної зони	-10
Вторинне гамма випромінювання	2
Гамма випромінювання ^{60}Co	20

Найбільшим вкладником до ПЕД, за результатами розрахунку, є гамма випромінювання паливної зони відпрацьованих ТВЗ. Для нейтронного випромінювання спостерігається обернена ситуація, розсіювачі, які повинні збільшувати ПЕД, її зменшують. Ефект зменшення ПЕД від нейтронного випромінювання обумовлено тим, що контейнери розсіювачі поглинають більше нейтронів і розсіюють менше нейтронів ніж повітря. Вклад до ПЕД тим більший чим більша енергія випромінювання. Отримані величини є змінними за висотою від рівня бетонної плити, розраховані значення, що приведені в таблиці 1 є максимальними за висотою.

Отже, значення вкладу розсіяного випромінювання до ПЕД від сусідніх контейнерів в системі з чотирьох контейнерів досягає значення 25 %.

Перелік посилань:

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-72мп Бідун А.В.
Доц., к.т.н. Коньшин В.І.

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЯДЕРНОЇ УСТАНОВКИ З РЕАКТОРОМ ВВЕР-1000 ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ ІМПУЛЬСНО- ЗАПОБІЖНОГО ПРИСТРОЮ КОМПЕНСАТОРА ТИСКУ

Підвищення безпеки експлуатації АЕС являє собою колосальну науково-технічну проблему сучасного світу. Підвищення безпеки відбувається постійно протягом усього терміну експлуатації. На основі досвіду експлуатації діючих АЕС можна виявити слабкі місця в безпеці. Інциденти з порушенням роботи імпульсно-запобіжних пристроїв компенсатора тиску показали їх важливість у забезпеченні радіаційної та експлуатаційної безпеки.

Вихідна подія з неспадкою імпульсно-запобіжного клапана компенсатора тиску (ІЗК КД) призведе до розриву мембран баку барботера, течі теплоносія 1-го контуру в об'єм герметичної оболонки. При даній вихідній події відбудуться порушення границь безпечної експлуатації за мінімальним запасом тиску до закипання теплоносія 1-го контуру; порушення умов безпечної експлуатації (попадання борного розчину на розділюючий сильфон і залив шпильок головного роз'єму реактора); порушення експлуатаційних границь безпечної експлуатації (перевищення допустимої швидкості розхолодження і швидкості зниження тиску теплоносія першого контуру); термошоку металу корпусу реактора внаслідок введення холодного розчину бору в 1-й контур.

Проведення модернізації енергоблоку шляхом заміни існуючих імпульсно-запобіжних пристроїв компенсатора тиску (ІЗП КТ) на сучасні, дозволить усунути недоліки в роботі та конструкції пристрою.

Основними недоліками старих імпульсно-запобіжних пристроїв є:

- конструкцією клапана не передбачена можливість контролю положення затвора головного клапана та імпульсних клапанів;
- відсутність можливості дистанційного відкриття кожного з ІЗК КТ за допомогою ключа з блочного щита управління та резервного щита управління;
- не забезпечується захист від холодної переопресовки;
- відсутні засоби контролю протічок ІЗП КТ;
- відсутня сигналізація положення імпульсних та головних клапанів ІЗП КТ.

Метою даної роботи є підтвердження необхідності та раціональності проведення модернізації імпульсно-запобіжного пристрою компенсатора тиску на реакторних установках з реактором типу ВВЕР-1000. Особливо це важливо для підвищення безпеки як при нормальній експлуатації так і при запроектних аваріях. Дана модернізація дозволить працювати пристрою на паро-водяній суміші та полегшити експлуатацію і ремонт обладнання.

Основна науково-технічна ідея полягає у підтвердженні ефективності заходів по модернізації імпульсно-запобіжного пристрою компенсатора тиску та оцінка впливу на надійність експлуатації реакторної установки. Визначення кращого типу ІЗП КТ серед доступних представників даного обладнання: SEBIM™ або Sempell.

Перелік посилань:

1. Анализ инцидента 22 сентября 2009 г. с незакрытием импульсно-предохранительного устройства компенсатора давления на энергоблоке № 3 ОП "Ривненская АЭС" / А. А. Ключников, В.И. Скалозубов, Ю.А. Комаров // Проблемы безопасности АЭС и Чернобиля: наук.-техн. зб. — 2011. — Вип. 15. — С. 51–59. — Бібліогр.: 19 назв. — рос.
2. Інструкція по експлуатації систем компенсації тиску першого контуру. ВП «Запорізька АЕС». 123456.РО.УР.ІЭ.31.В.- 41с.

НЕОБХІДНІСТЬ НА ПРОЕКТНІ МЕТОДИ ПЕРЕВІРКИ ГЕРМЕТИЧНОСТІ ОБОЛОНОК ТВЕЛ НА АЕС УКРАЇНИ

Розробка методу аналізу пошкоджуваності оболонок твелів реактора типу ВВЕР-1000 для України актуальна й обумовлена тим, що в найближчі 10 - 15 років такі ЯЕУ будуть забезпечувати понад 50 % генерації електроенергії. Метою моєї доповіді є донести до слухачів важливість необхідності контролю герметичності ТВЕЛ як бар'єра безпеки на АЕС.

Основною перешкодою на шляху збільшення коефіцієнта використання встановленої потужності для АЕС, що працюють в базовому режимі, є перевантаження ядерного палива. Планово-попереджувальний ремонт зазвичай планують на термін перевантаження. Тому для вирішення завдання підвищення енерговироботки доцільно було б зменшити час перевантаження. Критичний шлях перевантаження в значній мірі визначається контролем герметичності оболонок (КГО) твелів.

Власне КГО однієї тепловиділяючої збірки (ТВЗ) проводиться протягом 30 хвилин [1]. З урахуванням транспортно-технологічних операцій на контроль однієї ТВС практично відбувається протягом 2 години. КГО збільшує тривалість перевантаження на час, необхідний для його проведення.

Фактично має місце наступний розподіл часу КГО однієї ТВС: 30 хв - вилучення касети з реактора і переміщення до пеналу; 30 хв - установка касети в пенал і його герметизація, 30 хв - проведення КГО, 30 хв - розгерметизація пенала і витяг з нього касети. Найбільш тривала операція - вилучення ТВЗ, яка здійснюється зі швидкістю, що не перевищує 0,3 м / хв. Переміщення ж ТВЗ поза активної зони можливо зі швидкістю 15 м / хв. Таким чином, витратами часу на пересування ТВЗ по горизонталі можна знехтувати.

В цій роботі буде проаналізовано проектні методи, склад їх обладнання, переваги та недоліки. Удосконалення процесів контролю перевірки герметичності оболонок ТВЕЛ є актуальною для енергетики в Україні, тому що тривалість операції проведення контролю, а також пов'язаних з ним транспортних операцій на АЕС України, становить при перевірці всіх ТВЗ час близько 10 діб. При цьому перевантажувальна машина не може виконувати інші операції. Використання більш оперативного методу КГО твелів ТВЗ, підвищить безпеку при транспортуванні палива за рахунок зменшення транспортних операцій, а також отримати значний економічний ефект через скорочення часу, необхідного на проведення контролю [2].

Перелік посилань:

1. Методи контролю герметичності оболонок тепловиділяючих елементів. ГОСТ 28506-90. - М.: Вид-во стандартів, 1990.;
2. Проселков В.Н., Симонов К.В. Режими і технологія використання палива в реакторах LWR // Атомна техніка за кордоном. - 1989. - № 4. - С. 3 - 12.

ВИКОРИСТАННЯ ДВОФАЗНИХ ТЕРМОСИФОНІВ В СИСТЕМАХ ПАСИВНОГО ВІДВОДУ ТЕПЛА РЕАКТОРНОЇ УСТАНОВКИ ВВЕР-1000

Метою роботи є визначення доцільності використання систем пасивного відводу тепла (СПВТ) для реакторної установки ВВЕР-1000 на основі двофазних термосифонів, а також визначення максимальних теплових потоків двофазних термосифонів. СПВТ, які розглядаються в даній роботі, призначені для забезпечення тривалого відведення залишкових енерговиділень від активної зони реактора та басейну витримки в умовах аварійних ситуацій з відмовою штатних активних систем охолодження.

У сучасних проектах АЕС з ВВЕР єдиним теплообмінником, що входить до складу реакторної установки, який в змозі відвести основну частку залишкових тепловиділень від активної зони при повній тривалій втраті електропостачання, є парогенератор. Він має велику теплообмінну поверхню, а також великий обсяг котельної води в міжтрубному. Розробка систем пасивного відведення теплоти з використанням ПГ і повітряного теплообмінника-конденсатора для РУ з ВВЕР нового покоління є закономірним кроком на шляху підвищення безпеки АЕС в аварійних ситуаціях. Однак, використання ПГ як основного теплообмінника системи тривалого відводу залишкових тепловиділень, може наштовхнутися на цілий ряд проблем, пов'язаних з його недостатньою надійністю.

Система є автономною, оскільки СПВТ реакторної установки підключена по першому контуру. А при підключенні по II контуру необхідне допоміжне обладнання для підтримки рівня у парогенераторі [2]. Система виконана чотирьохпетлевою для забезпечення її компактного розміщення під гермооб'ємом блоків, що експлуатуються [3].

Процеси у двофазних термосифонах було досліджено в умовах, що відповідають їх використанню у СПВТ від активної зони РУ. На основі отриманих даних визначено оптимальну конструкцію теплообмінника на базі двофазних термосифонів. Збільшення довжини зони нагріву призводить до зменшення термічного опору та зростання еквівалентної теплопровідності. Теплопередаючі характеристики термосифона вищі при меншому коефіцієнті заповнення. При цьому величина критичного теплового потоку не залежить від коефіцієнта заповнення починаючи з 25% і вище [4].

Термосифони для СПВТ РУ розраховані на значно більші теплові потоки і тиски. При розвинутому режимі кипіння (при параметрах СПВТ РУ) коефіцієнти тепловіддачі при кипінні зростають більш різко зі збільшенням густини теплового потоку, проте є більший ризик настання кризи теплообміну [4].

Перелік посилань:

1. Проект углубленного анализа безопасности энергоблока №5 ЗАЭС. База даних по ЯППУ. Т.2 – 2000. – 178 с.
2. Подопригора А.В. Сравнение эффективности схемных решений пассивной системы аварийного ремонтного расхолаживания ВВЭР-1000 / А.В. Подопригора, И.И. Свириденко, Д.В. Шевелев / Зб. наук. пр. СНУЯЕтаП, 2010. – Вип. 2(34). – С.49 – 56.
3. Отчет по анализу безопасности. ВАБ 2-го уровня. Блок 5, Запорожская АЭС. База данных по гермообъему. – 2007. – 342 с.
4. Безродний М.К. Процеси переносу в двофазних термосифонних системах /М.К. Безродний, І.Л. Піоро, Т.О. Костюк. Теорія і практика – 2-е видання доповнене і перероблене. – Київ: Факт, 2005. – 704 с.

АЛГОРИТМ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ ЕНЕРГОБЛОКУ В ЦІЛЯХ ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Призначений проектом строк експлуатації енергоблоків АЕС з високою достовірністю дає впевненість, що критичні елементи, як і блок АЕС в цілому, за умови відповідного технічного обслуговування, ремонтів і експлуатаційного контролю, протягом цього строку будуть відповідати критеріям безпеки.

Експлуатація енергоблоку АЕС після досягнення проектного строку експлуатації є можливою лише у разі внесення змін до ліцензії на право здійснення діяльності, які стосуються строків експлуатації енергоблоків. Робота у понадпроектний строк може бути дозволена тільки за умови, що рівень безпеки енергоблоку АЕС є не нижчим, ніж встановлений в чинних нормах і правилах з ядерної та радіаційної безпеки.

Рішення про доцільність здійснення заходів щодо продовження експлуатації енергоблоку АЕС приймає експлуатуюча організація, виходячи із можливості забезпечення безпеки на рівні, який встановлено в чинних нормах та правилах з ядерної та радіаційної безпеки шляхом проведення аналізу економічних факторів та технічного стану критичних елементів блоку АЕС.

Для комплексного аналізу впливу на безпеку енергоблоку здійснених модифікацій систем (елементів), старіння обладнання та будівельних конструкцій, порушень у роботі енергоблоку, змін технологічних параметрів або техногенних та природних зовнішніх впливів, експлуатуюча організація зобов'язана не рідше, ніж раз у 10 років здійснювати переоцінку безпеки кожного енергоблоку АЕС. За його результатами вносяться необхідні коригування до звіту з аналізу безпеки та експлуатаційної документації.

Періодична оцінка безпеки розробляється для кожного з енергоблоків АЕС і охоплює усі аспекти, важливі для безпеки. Одним з таких аспектів є оцінка кваліфікація обладнання енергоблоку.

У цю групу факторів безпеки включено розгляд питань, які мають первинне значення для прийняття рішення про можливість продовження експлуатації енергоблоку АЕС. Визначення відповідності проекту, поточного і прогнозованого технічного стану систем і елементів АЕС вимогам чинних національних і міжнародних стандартів, вимогам проектною документації є першочерговим завданням періодичної оцінки безпеки, на основі якого здійснюється подальший аналіз безпеки.

У роботі буде розглянуто процес проведення кваліфікації обладнання. Також буде оглянуто поточні, виконані та заплановані роботи по оцінці обладнання в цілях продовження терміну експлуатації.

Перелік посилань:

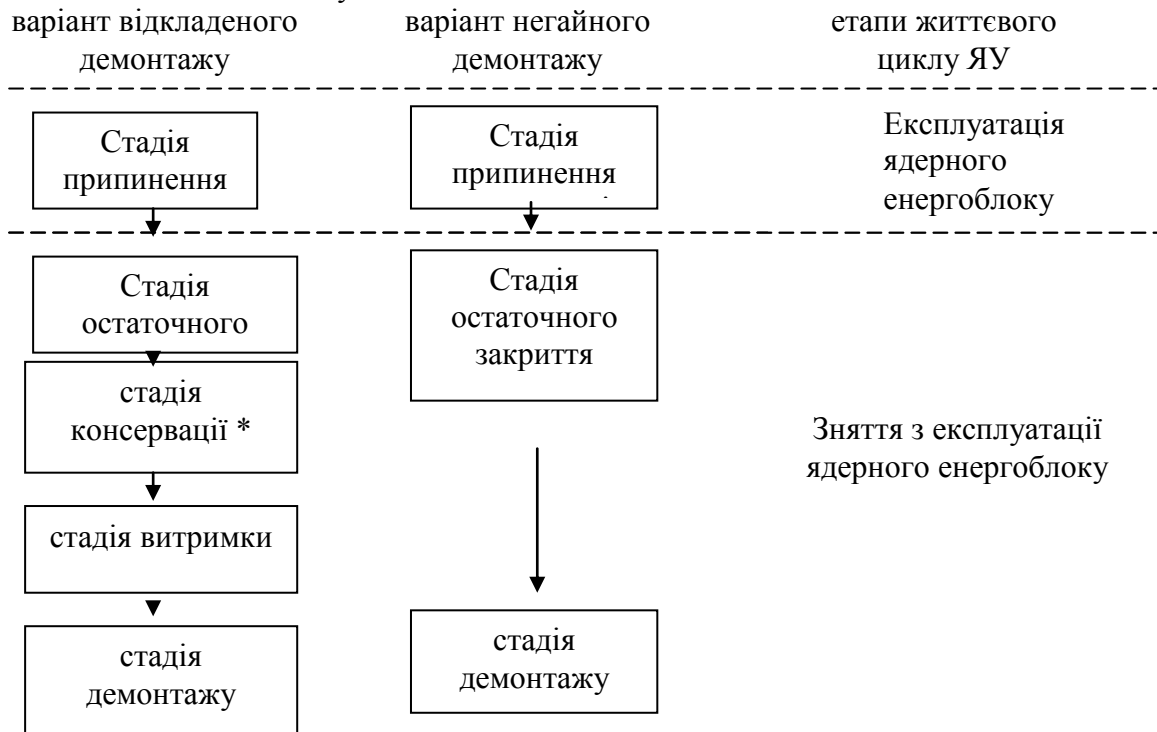
1. Основы продления эксплуатации АЭС с ВВЭР : монография / В. И. Скалозубов, А. А. Ключников, Е. С. Лещетная ; под ред В. И. Скалозубова ; НАН Украины, Ин-т проблем безопасности АЭС. - Чернобыль (Киев, обл.) : Ин-т проблем безопасности АЭС, 2011. - 384 с.

2. «Загальні вимоги до продовження експлуатації енергоблоків АЕС у понадпроектний строк за результатами здійснення періодичної переоцінки безпеки», затверджено та введено в дію наказом Державного комітету ядерного регулювання України від 26 листопада 2004 р. №181 та зареєстровано в Міністерстві юстиції України 15 грудня 2004 р. за № 1587/10185 (НП 306.2.099-2004)

АНАЛІЗ КОНЦЕПЦІЙ ЗНЯТТЯ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГОБЛОКІВ ВП ІОУ АЕС

В останні роки ряд об'єктів атомної енергетики, побудованих в 60-70-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 (ЗЕ) 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.

Стикнувшись з даною проблемою, фахівці ВП ІОУ АЕС знайшли її вирішення в



Обравши такий варіант зняття з експлуатації фахівці вирішили багато проблем, серед яких:

- ЗЕ АЕС має принести мінімальну або наперед обмежене дозове навантаження на населення
- Виведення з експлуатації повинно мати мінімально можливі витрати, щоб не обтяжувати ядерну технологію отримання енергії в економічному плані
- Необхідно звільнити площу, займану АЕС, для будь-яких інших потреб

Перелік посилань:

1. ПН.0.3812.0087_Концепция снятия с эксплуатации энергоблоков ОП ІОУ АЕС. Раздел 3. 2017.

АНАЛІЗ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ РОЗРИВІ ТРУБОПРОВОДІВ ПЕРШОГО КОНТУРУ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРА

При експлуатації атомної електростанції вирішальне значення має безпека реакторної установки. Аварії на АЕС відрізняються від аварій на звичайних електростанціях тим, що можуть призвести до викиду в навколишнє середовище значної кількості радіоактивних речовин.

Тому, проведений аналіз перехідних процесів при розриві трубопроводів першого контуру великого діаметру реакторної установки АЕС, підтверджує її високу надійність та безпеку в процесі експлуатації та виникнення аварій. В даному дослідженні розглядається максимальна проектна аварія (МПА), пов'язана з втратою теплоносія, в результаті його витoku в розрив трубопроводу першого контуру, а також небезпеки, до якої можуть привести дані ситуації.

Дослідженню підлягала протічка першого контуру при плановому розвитку перехідного процесу, при цьому були розглянуті: ознаки порушення, за якими можна класифікувати протічку, перехідний процес, а також дії оперативного персоналу, які повинні бути вчинені в результаті виникнення розглянутої аварії.

Також були розглянуті деякі аварії, які вносять найбільший внесок у частоту важких пошкоджень активної зони. Дослідженню підлягали проектні аварії, пов'язані з відмовою САОЗ від ВТ і НТ, а також наслідки, до яких це може привести.

При розрахунку МПА використовувався комп'ютерний код RELAP5 / MOD3 - програма для аналізу перехідних процесів, характерних для теплогідрравлічних систем, що містять воду, пароводяну суміш, перегріту пару, неконденсовані гази. Розгляду підлягала протічка теплоносія першого контуру в результаті вихідної події, пов'язаної з розривом Ду850 на вході в реактор, при плановому протіканні перехідного процесу і при роботі установки на 100% рівні потужності. В результаті проведеного аналізу було виявлено, що в усьому часовому діапазоні розвитку процесу забезпечується надійне охолодження активної зони реактора і не відбувається додаткової (непроектної) розгерметизації оболонок ТВЕЛ, що підтверджується виконанням прийнятих критеріїв.

Енергоустановка, в цілому, відповідає сучасним вимогам до стаціонарної енергетики і здатна надійно і безпечно виробляти електроенергію з прийнятною ціною.
Перелік посилань:

1. Ровенская АЭС. Энергоблок № 3. Акты результатов испытаний САОЗ ВД. 3-74-А-РЦ; 3-92-А-АЦ. Кузнецовск. 1988 г.

ПОРІВНЯННЯ НЕЙТРОННО-ФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАЛИВА ВВЕР ТА PWR

На сьогоднішній день безпечна та ефективна робота АЕС в великій мірі залежить від палива. Нейтронно-фізичні характеристики палива сучасних реакторів повинні відповідати вимогам надійності, безпеки та енергоефективності. Однією з основних вимог безпечної експлуатації АЕС є забезпечення від'ємного температурного коефіцієнта реактивності. З точки зору енергоефективності в паливних елементах та конструктивних матеріалах АЗ повинні використовуватися матеріали з малим макроскопічним перерізом поглинання теплових нейтронів, щоб забезпечити максимальний коефіцієнт використання теплових нейтронів. В роботі розглянуто конструкцію та нейтронно-фізичні особливості ВВЕР та PWR. Особливості палива для реакторів типу PWR розглянуто на прикладі палива для АЕС Sequoyah, штат Теннессі (США).

Стрімкий розвиток атомної енергетики в усьому світі спричинив розвиток різних типів реакторів. У наш час на території колишнього СНД і за кордоном перебувають в експлуатації атомні енергоблоки із реакторами ВВЕР-1000. В роботі розглянуто основні етапи вдосконалення палива для ВВЕР-1000, які насамперед були спрямовані на підвищення безпеки та енергоефективності.

За кордоном великого поширення набули реактори типу PWR (Pressurized Water Reactor) — розроблені компанією Westinghouse. Після проведення порівняння реакторів типу ВВЕР та PWR за конструкцією та принципом роботи, було зроблено висновок, що вони дуже схожі, однак конструкція активної зони та паливних елементів серійного реактора ВВЕР-1000 істотно відрізняється від свого аналога для реакторної установки PWR. В ході еволюції ядерного палива постійно змінювалось його збагачення, нуклідний склад, будова та конструкція ТВЕЛів та ТВЗ. В результаті цього нейтронно-фізичні характеристики цих типів реакторів набули оптимальних значень, що відповідають вимогам безпечної та ефективної експлуатації енергетичних установок, однак через особливості конструкції вони мають певні відмінності.

В подальшому планується провести розрахунок нейтронно-фізичних характеристик палива для РУ типу ВВЕР-1000 та порівняння отриманих даних з результатами PWR Axial Burnup Profile Analysis для оцінки та порівняння зміни реактивності з вигоранням, коефіцієнту відтворення та інших характеристик.

Перелік посилань:

1. Г.Н.Колпаков, О.В.Селиванікова. Конструкции ТВЕЛов, каналов и активных зон.: Издательство Томского политехнического университета. -2009.- с.14-18.
2. В.И.Бойко, Ф.П.Кошелев. Физический расчет реактора на тепловых нейтронах.: Издательство Томского политехнического университета. -2009.- 504с.
3. Бать Г.А. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов: Учебное пособие для вузов/ - М.:Энергоиздат, 1982. - 509с.

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-42 Гавлічук Д.В.
Асист. Федоров Д.О.

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОЇ МОЖЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЗОВНІШНЬОГО ОХОЛОДЖЕННЯ КОРПУСУ РЕАКТОРА ВВЕР-440

У зв'язку з аварією, що сталася на АЕС Фукусіма - 1 (Японія) було прийнято рішення виконати додаткову оцінку поточного стану безпеки атомних станцій України і розробити необхідні заходи щодо підвищення стійкості АЕС до аномальних, що перевищує проектне значення, зовнішніх впливів .

Одним з ключових питань забезпечення безпеки АЕС з реакторною установкою (РУ) ВВЕР є розробка заходів по управлінню запроектними і важкими аваріями. У разі, якщо заходи з управління запроектними аваріями не дозволяють виключити плавлення палива в активній зоні, то єдиним з можливих заходів щодо обмеження виходу розплаву за межі реакторної установки є реалізація концепції внутрішньокорпусного утримання розплаву за рахунок зовнішнього охолодження корпусу реактора.

Для реалізації концепції утримання розплаву всередині корпусу реактора для АЕС з РУ ВВЕР-440 пропонується управління важкої аварією за допомогою затоплення водою шахти реактора з організацією її циркуляції навколо корпусу реактора.

За підсумками представленої роботи була підтверджена принципова можливість реалізації концепції внутрішньокорпусні утримання розплаву за рахунок впровадження системи зовнішнього охолодження корпусу реактора (СЗОКР).

Для впровадження СЗОКР і його успішного функціонування необхідне виконання наступних вимог:

- виключення сценаріїв розвитку аварій з раннім плавленням активної зони (реалізувати комплекс заходів по управлінню запроектними аваріями з метою унеможливлення потрапляння розплаву на днище корпусу реактора раніше 5 год. 35 хв. з моменту вихідної події);

- виключити плавлення активної зони і надходження розплаву на днище корпусу реактора при внутрішньокорпусні тиску понад 1 МПа (реалізується за рахунок дій оператора по зниженню тиску в першому контурі);

- реалізувати комплекс технічних заходів і конструкторських модернізацій по розміщенню і монтажу СЗОКР в межах гермооб'єму;

- впровадити аварійні контрольно-вимірювальні прилади з метою діагностування стану РУ і визначення необхідності запуску СЗОКР, а також контролю за виконанням СЗОКР функцій по зовнішньому охолодження корпусу реактора.

Перелік посилань:

1. Беркович. В. Я. Результаты стресс-тестов и планирование на их основе мероприятий по повышению безопасности АЭС/ В.Я. Беркович// Сборник трудов заседания Совета Управляющих и Совета Директоров ВАО АЭС-МЦ - квітень 2012.

2. Пантюшин С. И., Биков М. А., Мохов В. А. . Разработка системы удержания расплава и охлаждения корпуса реактора для АЭС с РУ ВВЭР-600 и РУ ВВЭР ТОИ / С.И. Пантюшин, М.А. Биков, В.А. Мохов // Международная конференция «Научная сессия НИЯУ МИФИ-2011».Сборник трудов. Раздел – «Физико-технические проблемы ядерной энергетики»- Москва- 2011.

ОЦІНКА ВПЛИВУ СЕЙСМІЧНОЇ ДІЇ НА БЕЗПЕКУ АЕС

У відповідності з нормативним документом НП 306.2.162-2010 «Вимоги до оцінки безпеки атомних станцій», імовірнісний аналіз безпеки АЕС (ІАБ) всіх рівнів повинен розглядати повний спектр вихідних подій аварії (ВПА) для всіх станів реакторної установки (РУ), включаючи зовнішні екстремальні події техногенного та природного характеру, такі як землетруси [1].

Оцінка впливу сейсмічної дії на безпеку АЕС є одним з найбільш трудомістких завдань при аналізі безпеки АЕС у зв'язку з необхідністю проведення великого комплексу геофізичних досліджень, розрахунків на міцність, кваліфікації обладнання і, власне, оцінки впливу сейсмічної дії.

На даний час існує два основні підходи до оцінки сейсмічних ризиків [2]:

- сейсмічний імовірнісний аналіз безпеки (сейсмічний ІАБ);
- оцінка граничної сейсмостійкості (Seismic Margin Assessment - SMA).

В обох випадках кінцева мета однакова - зрозуміти і позначити найбільш ймовірну аварійну послідовність, ініційовану землетрусом і визначити внесок переважаючого сейсмічного ризику або недоліки сейсмічної безпеки. Однак, методологія і результати, отримані за цими підходами, розрізняються.

Сейсмічний ІАБ є розширенням класичної методології побудови дерев подій (дерев відмов), що використовується при виконанні ІАБ внутрішніх подій.

У сейсмічному ІАБ на відміну від класичного, який базується на випадкових відмовах обладнання, землетрус з'являється як нова причина відмови, і ймовірність відмови конкретних елементів розраховується виходячи із сейсмічної небезпеки майданчика (ймовірності землетрусу) і пошкоджуваності елементів (умови ймовірності пошкодження). Основні результати аналізу практично однакові як за класичною методологією ІАБ: визначення аварійних послідовностей, що ведуть до пошкодження активної зони із зазначенням частоти кожної з них. Основною відмінністю методу «граничної сейсмостійкості» від сейсмічного ІАБ є відсутність необхідності проводити широкомасштабні дослідження сейсмічної небезпеки майданчика, які часто є досить трудо- і витратомісткими і ведуть до невизначеностей високого ступеня.

Враховуючи переваги та недоліки вищезапропонованих методик, проведення оцінки впливу сейсмічної дії на безпеку АЕС доцільно проводити комбінованим методом, який ґрунтується на поєднанні методик сейсмічного ІАБ та оцінки запасу сейсмостійкості.

Перелік посилань:

1. Вимоги до оцінки безпеки атомних станцій. НП 306.2.162-2010, затверджені наказом Держатомрегулювання України від 22.09.2010 №124, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 21.10.2010 р. за №964/18259. – 12 с.
2. Methodology for Developing Seismic Fragilities: EPRI TR-103959: EPRI. – Palo Alto, California, 1994. – 320 p.
3. Kennedy R.P. Overview of Methods for Seismic PRA and Margins Analysis Including Recent Innovations / Kennedy R.P. // Proceedings of OECD/NEA Workshop on Seismic Risk. – Tokyo, Japan: – 1999. – P.43.

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ (СРК) АЕС

Проекти систем радіаційного контролю (СРК), що експлуатуються на АЕС України, розробленого на базі технічних засобів, освоєння промислового випуску яких було здійснено в кінці 70-х-початку 80-х років. Ці технічні засоби використавши свій ресурс вимагають заміни.

Розвиток атомної енергетики, створення однотипних АЕС обумовлено появою штатних технічних засобів контролю радіаційної безпеки. Всі АЕС України з реакторами типу ВВЕР укомплектовані комплектом апаратури радіаційного контролю АКРБ-03, які на сьогоднішній день не відповідають наступим вимогам [2]:

- низька стійкість до дії зовнішніх факторів;
- сприйнятливість до змін параметрів електроживлення та електромагнітних полів;
- відсутність можливості автоматичної діагностики систем;
- відсутність захисту від несанкціонованого доступу.

Заміна АКРБ-03 виконується в два етапи: 1-й етап – заміна апаратури АКРБ-03, 2-1 етап- розширення функцій систем радіаційного контролю у відповідності з НТД.

В результаті виконання робіт по заходах 1-го етапу виконується заміна технічних засобів на нові, які відповідають сучасним вимогам і реалізують функції СРК [1]:

- радіаційний контроль теплоносія першого контуру;
- радіаційний контроль САОЗ;
- радіаційний контроль СВО;
- радіаційний контроль технічної води;
- дозиметричний контроль в приміщеннях енергоблоків.

Результатом виконання робіт 2-го етапу являється приведення СРК в повну відповідність з вимогами та положеннями діючих нормативних документів. 2-й етап реконструкції забезпечує [1]:

- контроль активності теплоносія першого контуру по реперним нуклідам;
- контроль протічок ПГ по азоту-16;
- контроль потужності дози нейтронів в ЦЗ;
- модернізація РК за нерозповсюдженням радіоактивних речовин;
- модернізація РК мережевої води;
- заміна блоків та пристроїв детектування на нові;
- розширення функцій АСКРО;
- впровадження автоматизованої системи обліку доз опромінення та контролю перебування персоналу в контрольованій зоні;
- впровадження скануючого СІЧ.

Перелік посилань:

1. Звіт МАГАТЕ ІАЕА-ЕРВ-WWER-05 [27] ,RP01;
2. Бекшаєв А. Д. Аналіз відповідності систем радіаційного контролю АЕС (АКРБ-03) вимогам нормативних документів / А. Д. Бекшаєв, В. І. Курьянов – Енергодар: ЗАЕС. – С. 54.

МОДЕРНІЗАЦІЯ З ПІДЙОМУ ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ ДО 3045 МВт НА 1 БЛОЦІ ВП ЮУ АЕС

Україна на сьогоднішній день має потужну атомну енергетику, яка посідає 10 місце в світі та 5 в Європі. 4 АЕС та 15 блоків, саме вони виробляють більше 80% електроенергії в Україні. Наразі енергетична стратегія спрямована на підвищення приведеного раніше числа, так у 2035 році частка виробленої електроенергії на АЕС має складати більш ніж 90% від загальної

Кількість виробленої енергії напряму залежить від кількості працюючих блоків АЕС. Побудова нових блоків тягне за собою великий список проблем. Альтернативою такої стратегії є підвищення потужності. Підвищення теплової і відповідно електричної потужності існуючих енергоблоків здійснюється завдяки використанню внутрішніх проектних запасів устаткування і систем, з реалізацією необхідних модернізацій окремих видів обладнання, удосконалення систем контролю і управління. Водночас обов'язково виконується комплекс необхідних обґрунтувань, зокрема обґрунтування з ядерної та радіаційної безпеки.

В світі розповсюджено три практики з підвищення потужності:

- До 101.5%, легка модернізація.
- До 104%, заміна палива та деякого обладнання 1 контуру.
- До 108%, реконструкція 1 та модернізація 2 контурів.

На ЮУ АЕС вже практикується підвищення потужності до 101.5% . Інженери Южно-Української станції провели модернізацію обладнання 1-го контуру, провели аналіз радіаційної та ядерної безпеки після модернізації, перелаштували автоматичні системи безпеки. Модернізація полягала в заміні пристроїв виміру витрати живильної води як через реактор так і через парогенератор, а також пристроїв виміру перепаду тиску в системі внутрішньо реакторного контролю, підвищенні точності регулювання нейтронної потужності.

Безпека модифікації забезпечується наступними факторами:

- відповідністю вимогам нормативних документів прийнятих проектних рішень в частині структури системи, і вибору технічних засобів;
- виконанням програм забезпечення якості на всіх етапах розробки і впровадження модифікації;
- підтвердженням вимог до обладнання, випробуваннями на всіх стадіях їх створення і введення в експлуатацію;
- використанням апробованих проектних рішень, технічних і програмних засобів, методик випробувань;
- експертизою ядерної та радіаційної безпеки документів по створенню і впровадженню модифікованої системи.

На даному етапі ми можемо підвищити вироблення електроенергії на блоках ВВЕР-1000 без великих початкових вкладів. Модифікація представлена в доповіді майже не змінює звичний режим роботи блоку та цілком безпечна при експлуатації.

Перелік посилань:

1. Сайт енергетики України <http://mpe.kmu.gov.ua>.
2. <https://www.ukrinform.ua>
3. <http://uatom.org>
4. ПОПЕРЕДНІЙ ЗВІТ З АНАЛІЗУ БЕЗПЕКИ №1НТ1249-15 від 14.04.2016

УДК 621.039.5

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-72мп Гошта М.О.
Доц., к.т.н. Коньшин В.І.

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОРПУСУ РЕАКТОРА ВВЕР 1000 З МЕТОЮ ПРОДОВЖЕННЯ СТРОКУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Одним із етапів експлуатації АЕС з реакторами ВВЕР 1000 є те що після закінчення проектного строку експлуатації постає питання продовження строку в понадпроектний. Основним критерієм є виявлення фактичного технічного стану і попередня оцінка ресурсних характеристик та оцінка стану металу корпусу реактора, для визначення можливостей та умов продовження строку експлуатації енергоблоків з реакторами ВВЕР на максимальний термін.

Особливе значення для безпеки та можливості продовження строку експлуатації має оцінка технічного стану і обґрунтування залишкового ресурсу елементів АЕС, важливих для безпеки, а також можливості подальшої експлуатації невідновлюваних (незамінюваних) елементів. До невідновлюваних (незамінюваних) елементів відносяться корпус реактора і його внутрішньокорпусні елементи і конструкції, трубопроводи першого контуру, насоси першого контуру, біологічний захист і деякі інші пристрої і механізми.

Оцінка технічного стану корпусу реактора включає такі елементи:

- фланець корпусу;
- обичайка зони патрубків нижня;
- обичайка зони патрубків верхня;
- патрубки ГЦТ, САОЗ;
- опорна циліндрична обичайка;
- нижня циліндрична обичайка;
- верхня циліндрична обичайка;
- еліптичне днище;
- кронштейни;
- зварні з'єднання № 1-7.

В доповіді буде наведена інформація щодо проведення оцінки технічного стану і можливості експлуатації корпусу реактора енергоблоку до закінчення проектного терміну і в понадпроектний та розглядання результатів всіх виконаних робіт з оцінки технічного стану корпусу реактора. А саме: відхилення від проекту і конструкторської документації, результати неруйнівного контролю, хімічний склад зварних з'єднань, основного металу, наплавлень, результати розрахунків і ін. У висновку зазначається можливий термін експлуатації реактора.

Перелік посилань:

1. НП 306.2.099-2004. Загальні вимоги до продовження експлуатації енергоблоків АЕС у понадпроектний строк за результатами виконання періодичної переоцінки безпеки.
2. ПМ-Т.О.03.061-01. Типова програма періодичного контролю за станом основного металу, зварних з'єднань і наплавлень обладнання і трубопроводів атомних електростанцій з реакторами ВВЕР-1000.

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ НОВИХ КОРПУСНИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ РЕАКТОРІВ ВВЕР-1000

Технологічний прогрес не стоїть на місці, і саме тому зростають потреби в електричній енергії. В Україні АЕС виробляють основну частину електроенергії, а отже зі зростанням енергопотреб питання їх модернізації є надзвичайно важливим та актуальним.

Тому врахувавши вищесказане є доцільним встановлення курсу щодо продовження експлуатації та заради цього звернути увагу на модернізацію насамперед корпусів реакторів. Саме корпус реактора є основним незамінним елементом, що визначає ресурс установки. Тому варто розглянути аналіз можливого варіанту подовження терміну експлуатації ВВЕР-1000, а саме аналіз дослідів нових корпусних сталей для реакторів ВВЕР-1000.

Аналіз являє собою опис результатів порівняльних структурних дослідів нових сталей 15X2МФА-А мод. А, мод. Б, метала зварного шва Св-09ХГМТА, які показали перевагу нових сталей з позицій радіаційної стійкості і термічної стабільності у порівнянні з типовими сталями ВВЕР-1000.

Так, значення зсувів критичної температури крихкості в результаті опромінення є нижчими в порівнянні з основними матеріалами корпусу реактора ВВЕР-1000. Аналогічні результати були отримані і для зсувів межі текучості. Це зумовлено, перш за все, зниженим вмістом в досліджуваних матеріалах нікеля (0,35...0,71%), що сприяє зменшенню густини радіаційно-індукованих преципітатів (осад у вигляді твердої фази в результаті хімічних реакцій, спричинених радіацією), а також більш низьким рівнем зернограничних сегрегацій домішок (зміна концентрації елементів, в даному випадку зміна хімічного складу на границі зерен).

Таким чином, сталі 15X2МФА-А мод. А і Б і метал зварного шва Св-09ХГМТА варті того, щоб бути розглянутими в якості кандидатних матеріалів для корпусів реакторів ВВЕР нового покоління з підвищеною потужністю і збільшеним ресурсом експлуатації.

Перелік посилань:

1. Касаткін Г.О. Теплове окрихчування зварних з'єднань корпусів реакторів типу ВВЕР / Г.О. Касаткін // УДК 621.039.5 Ядерні реактори. – 2008. – К. с. 232-235.
2. С.А. Салтыков. Стереометрическая металлография. М.: «Металлургия», 1976, с. 271.
3. Л.М. Утевский, Е.Э. Гликман, Г.С. Карк. Обратимая отпускная хрупкость стали и сплавов железа. М.: «Металлургия», 1987, 222 с.

КОНЦЕПЦІЯ КОНСЕРВАЦІЇ ТА РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНІ МЕТОДИ ПЕРЕРОБКИ І КОНДИЦІОНУВАННЯ РАВ АЕС

Радіоактивні відходи (РАВ) - побічні продукти технічної діяльності, що містять біологічно небезпечні радіонукліди утворюються на всіх етапах атомної енергетики (від виробництва палива до роботи ЯЕУ, в тому числі АЕС).

ТРВ поділяються на:низкоактивні ($A < 0,01 \text{ Кі / м}^2$) з короткоживучими радіонуклідами, низкоактивні ($A < 0,01 \text{ Кі / м}^2$) що містять середньоживучі радіонукліди з $T_{1/2}$ до 30 років) , середньоактивні (A до 100 Кі / м^2) з середньоживучими радіонуклідами з $T_{1/2} = 30-100$ років) та високоактивні з довгоживучими радіонуклідами($A > 1000 \text{ Кі / м}^2$)

Тверді РАВ поміщають в спеціальні сховища без попередньої підготовки.

Перспективний шлях кондиціонування РРВ полягає у їх перетворенні в ТРВ низької активності, а саме концентрування радіонуклідів РРВ всередині залізооксидної матриці радіаційно-захисних сорбентів. Сорбенти отримані даним шляхом можуть широко використовуватися у сучасних галузях техніки і технологій завдяки наявності комплексу спеціалізованих властивостей. Концентровані сольові розчини (кубові залишки), утворені в результаті переробки первинних РРВ, направляються в систему сховищ РРВ для тимчасового зберігання. З РРВ кубовий залишок направляється на установку глибокого упорювання УГУ-1-500 для затвердіння.

З проблемою утилізації РРВ тісно пов'язана проблема утилізації відпрацьованих сорбційних матеріалів які після використання є джерелом вторинного радіаційного випромінювання.

Об'єктом дослідження обрано цементуючі розчини з використанням кубових залишків ХАЕС, трапні води та затверділі форми короткоіснуючих низко- та середньоактивних відходів на їх основі (КНСАВ).

Дослідження базуються на виборі цементуючого матеріалу, вивченні залежності технологічних і фізико-механічних властивостей цементних розчинів і кінцевих продуктів (форм КНСАВ) від ряду факторів, які впливають на властивості та їх вдосконалення при виготовленні форм КНСАВ, що містять реальні кубові залишки ХАЕС, а також визначення їх характеристик за показниками, які відповідають вимогам до кінцевого продукту переробки.

Вважаю аналіз документацій обраних об'єктів доцільним для сприяння мінімізації утворення РАВ на ВП ХАЕС

Перелік посилань:

1. Носовський А. В. Безпека атомних станцій Поводження з радіоактивними відходами / А. В. Носовський, З. М. Алексєєва, Г. П. Борозенець та ін.; За ред. А. В. Носовського. – К.: Техніка, 2007. – С.177-200 – (Безпека атомних станцій)

НЕОБХОДИМОСТЬ МОДЕРНИЗАЦИИ ПОЛНОМАСШТАБНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА УКРАИНСКИХ АЭС

На сегодняшний день в Украине существуют 8 полномасштабных тренажеров (далее ПМТ) и все они были созданы в конце 90-х, в начале 2000-х годов. Полномасштабный тренажер является программно-техническим специализированным комплексом, моделирующим работу энергоблока на полномасштабном имитаторе блочного и резервного щитов управления (БЩУ, РЩУ), предназначенным для профессиональной индивидуальной и совместной подготовки оперативного персонала энергоблоков в объеме алгоритмов их деятельности по оперативному управлению энергоблоком.

Проблема состоит в том, что из-за своего возраста тренажеры уже не могут в полном объеме выполнить все возложенные на них функции. Причина в следующем: вся вычислительная техника, установлена еще двадцать лет назад, устарела и не может справиться с большим количеством вычислений – это первое. Второе: программное обеспечение в котором проводилось моделирование всех систем и процессом также устарело. В конечном итоге, инструктор, который проводят обучение не может воспроизвести ту или иную ситуацию на ПМТ из-за вышеперечисленных проблем. ПМТ должен соответствовать энергоблоку-прототипу и обеспечивать моделирование в реальном масштабе времени всех режимов нормальной эксплуатации, режимов нарушения условий нормальной эксплуатации, аварийных режимов эксплуатации, оперативное управление которыми осуществляется с БЩУ[1].

Реакция ПМТ на поставленные инструктором исходные события, автоматические действия систем управления, на правильные или неправильные действия оператора, принятия или непринятия мер должна быть аналогична реакции энергоблока-прототипа и не должна противоречить физическим законам (сохранения массы, импульса, энергии)[2].

Когда ПМТ соответствует энергоблоку-прототипу на нем можно "откатывать" все возможные переходные режимы, экспериментировать, что дает возможность изучить все нюансы, а потом применять на реальном блоке.

Суть работы заключается в том, чтобы оценить на сколько неполноценность нынешних ПМТ влияет на качество обучения персонала, какие последствия могут быть и довести важность и необходимость модернизации, существующих ПМТ на украинских энергоблоках.

Перелік посилань:

1. СТП 0.18.023-2003 "Требования к техническим средствам обучения персонала АЭС".
2. <http://takya.ru/nuda/konkursnih-torgiv-dp-naek-energoatom/stranica-6.html>

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-41 Донський Д.О.
Асист. Гуменюк Д.В.

ШЛЯХИ РОЗВИТКУ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ. РЕАКТОРИ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

Згідно з Енергетичною стратегією України до 2035 року передбачена політика продовження терміну експлуатації діючих енергоблоків. При цьому, з огляду на той факт, що в період з 2030 по 2040 роки завершиться продовжений термін експлуатації 12 енергоблоків з 15 - питання будівництва нових потужностей набуває все більшої актуальності. Розглядають також заміщення діючих енергоблоків новими, після завершення продовженого терміну експлуатації, а також спорудження нових (додаткових) енергетичних потужностей. В першу чергу це стосується енергоблоків №3 і №4 на майданчику Хмельницької АЕС, спорудження яких передбачено в Енергетичній стратегії України до 2035 року.

В даний час є ряд сучасних технологій і відповідних проектів, що відносяться до типу 3+, тобто проектів з високим ступенем надійності і безпеки, які можуть розглядатися для застосування в Україні. Технології SMR (модульні реактори малої потужності) також 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 наближення джерела енергії до споживачів, включаючи енергозабезпечення специфічних районів і територій зі складним географічним розташуванням; можливість роботи енергоблоків в маневреному режимі видачі електричної енергії.

В даний час розробки по SMR ведуться в багатьох країнах: Аргентині, Франції, Канаді, Індії, Китаї, Японії, Південній Африці, Великобританії, РФ, США, Данії, Південній Кореї та інших. Діапазон еkleктичної потужності 50-300 мВт. Використовувані теплоносії: вода, газ, рідкий метал. За наявними в офіційному доступі даними, в даний час на етапі будівництва знаходяться кілька проектів: CAREM-25 в Аргентині, KLT-40S в РФ, HTR-PM в Китаї. На етапі сертифікації або на заключній стадії проектування знаходяться: SMART в Південній Кореї, RITM-200 в РФ, PRISM в США.

У липні 2017 року «Енергоатом» і Holtec обговорили перспективи ліцензування та будівництва малих модульних реакторів SMR-160 в США, Україні та інших країнах. Раніше президент Holtec International Кріс Сінгх зробив пропозицію президентові України Петру Порошенку про створення в країні хаба з поширенням в Європу, Азію і Африку малих модульних реакторів з локалізацією виробництва і дуже великої кількості обладнання на українських підприємствах. У Holtec відзначили можливість локалізації на українських підприємствах виготовлення обладнання для SMR-160 і можливість виробництва в країні палива для цих реакторів. Початок процесу ліцензування SMR-160 очікується вже в 2018 році, а старт активної фази будівництва - приблизно в 2023 році.

Перелік посилань:

1. Nuclear Technology Review 2012: IAEA/NTR/2012/Intern. Atomic Energy Agency. —Vienna, 2012.
2. IAEA Nuclear Energy Series No. NG-T-3.5 Legal and Institutional Issues of Transportable Nuclear Power Plants: A Preliminary Study / Intern. Atomic Energy Agency. —Vienna, 2013.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ПАСИВНОЇ РЕКОМБІНАЦІЇ ВОДНЮ НА АЕС З РЕАКТОРНИМИ УСТАНОВКАМИ ВВЕР-1000

Аварія на АЕС Фукусіма-1 виявила необхідність проведення додаткових аналізів безпеки на енергоблоках попередніх поколінь в частині їх стійкості до впливу запроектованих аварій та здатності протидіяти феноменам важких аварій.

За результатами виконання таких аналізів на енергоблоках АЕС України в рамках «стрес-тестів» було визначено необхідність впровадження низки додаткових модернізацій, які отримали назву «постфукусімських».

Впровадження зазначених модернізацій дозволить збільшити ефективність методів управління запроектованими аваріями та створить низку технічних засобів направлених на підтримку та відновлення критичних функцій безпеки, та забезпечення належного функціонування бар'єрів глибокоешелюваного захисту.

Для сценаріїв важких аварій характерною є генерація великої кількості пари, неконденсованих газів і водню при значному зростанні параметрів середовища (тиску, температури, активності) в зоні локалізації аварії [1]. Виконані для ВВЕР-1000 розрахунки несучої здатності герметичного огороження, демонструють достатній запас міцності та здатність витримати аварійні навантаження від тиску і температури, що виникають при важкій аварії. Однак, існуючий запас міцності обмежений і, відповідно, за відсутності можливості управління параметрами середовища в ГО (тиском, температурою, концентрацією водню) не виключений сценарій з детонацією суміші водню в зоні локалізації аварії. При цьому існує висока імовірність руйнування гермооб'єму, що призведе до втрати останнього бар'єру глибокоешелюваного захисту та неконтрольованого виходу радіоактивної парогазової суміші в навколишнє середовище.

З урахуванням вищезазначеного, а також результатів проведених досліджень феноменів горіння водню в гермооб'ємі було встановлено необхідність установки системи автоматичного видалення водню.

Рекомбінатори водню – пасивні незалежні пристрої, що не вимагають додаткового енергозабезпечення чи дій персоналу по введенню їх в роботу при виникненні аварійних умов. Рекомбінатори автоматично включається у роботу в разі, якщо концентрація водню в приміщенні перевищить 0,5%.

Метою доповіді є наведення результатів аналізу і порівняння роботи в нормальних умовах експлуатації, під час проектних та запроектованих аварій (включаючи важкі аварії) систем пасивних автокаталітичних рекомбінаторів NIS-PAR [1] та RBK-1000 [2], встановлених, відповідно, на енергоблоках №1 та №3 Запорізької АЕС.

Перелік посилань:

1. Отчет по анализу безопасности. Разработка и внедрение мероприятий по снижению концентрации водорода в ГО для запроектованных аварий. ПАТ КИЕП. Киев, 2016.
2. РЭТ-101.00.000 РЭ. Пассивные каталитические рекомбинаторы водорода RBK-500 и RBK-1000. Руководство по эксплуатации.

ПРОБЛЕМАТИКА СЕЙСМОСТІЙКОСТІ ТА КВАЛІФІКАЦІЇ АЕС УКРАЇНИ

11 березня 2011 р. відбулася найбільша за наслідками радіаційна аварія в ХХІ ст. на АЕС «Фукусіма-1» в Японії в результаті найсильнішого землетрусу в історії країни та руйнівного цунамі, яке наступило після нього.

Після аварії Європейська Рада призвала дослідити уроки аварії і виконати всеосяжну і відкрити оцінку безпеки АЕС в країнах ЄС (стрес-тести).

По результатах стрес-тестів енергоблоків АЕС України була розроблена низка заходів по підвищенню безпеки (Комплексна (зведена) Програма з Підвищення Безпеки), в тому числі до підвищення стійкості АЕС до зовнішніх екстремальних явищ. Одним з таких заходів КзППБ є виконання кваліфікації обладнання на «жорсткі» умови оточуючого середовища і сейсмічні взаємодії, забезпечення сейсмостійкості систем і будівельних конструкцій, а також впровадження систем сейсмологічного моніторингу майданчиків АЕС.

Сейсмічна кваліфікація – процедура, під час якої відбувається оцінка запасу сейсмостійкості, яка визначає, що обладнання здатне виконувати свої функції зі збереженням характеристик при необхідних експлуатаційних умовах і зовнішніх сейсмічних явищах і навантаженнях.

Сейсмічна кваліфікація складається з наступних етапів: ознайомлення з обладнанням; динамічні випробування обладнання в реальних умовах монтажу і розкріплення або в умовах, що імітують реальні; розрахунки сейсмостійкості обладнання за результатами динамічних випробувань; розробка заходів, спрямованих на забезпечення сейсмостійкості обладнання; складання протоколу кваліфікації на сейсмостійкість.

Оцінка сейсмостійкості споруд і обладнання діючих АЕС, як правило, проводиться за допомогою таких методів: розрахункові – сейсмічний аналіз, що базується на визначенні реального значення граничної сейсмостійкості, застосовується для громіздких конструкцій, точного механічного і теплообмінного обладнання; експериментальні – сейсмічні випробування з імітацією умов навколишнього середовища, використовуються для електричного і контрольно-вимірювального обладнання; сейсмічна кваліфікація за допомогою досвіду експлуатації при використанні методу GIP-VVER, використовується для оцінки поточного сейсмічного стану обладнання і охоплює порядку 20 класів механічного і електричного обладнання АЕС.

На даний момент на українських АЕС виконані наступні заходи щодо сейсмічної кваліфікації: проведена сейсмічна кваліфікація обладнання на енергоблоках ЗАЕС №1-3, ЮУАЕС №1,2; проводиться кваліфікація на енергоблоках РАЕС, ХАЕС та ЗАЕС в рамках програми продовження експлуатації; введено в експлуатацію систему сейсмічного моніторингу на ЗАЕС.

Перелік посилань:

1. Арутюнян Р.В. и др. Авария на АЭС Фукусима-1. Опыт реагирования и уроки. ИБРАЭ РАН. — М. : Наука, 2013 г.
2. Стресс-тесты действующих АЭС в странах ЕС. – основные результаты. ГИЯР Украины. НАН. Украины. ГНТЦ ЯРБ.
4. Текущее состояние украинской квалификационной системы по сравнению с европейскими странами. U2.01/02/D03-T1.3-01-A, Ред 1 ноябрь, 2006 г.
5. 02.09.841.03.00 НАЕК Энергоатом: Программа по квалификации оборудования АЭС Украины.

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТЕПЛОБМІННИКА СИСТЕМИ РОЗХОЛОДЖУВАННЯ БАСЕЙНУ ВИТРИМКИ ЕНЕРГОБЛОКУ №3 ВП ЮУАЕС З МЕТОЮ ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Елементи теплообмінника системи розхолодження басейну витримки (ТОР БВ) піддаються поступовому дестабілізаційному впливу зовнішніх і внутрішніх факторів. Це призводить до погіршення початкових параметрів об'єктів, і в кінцевому підсумку - до відмови. Великим числом досліджень встановлено, що продовження термінів служби об'єктів при частковій заміні і ремонті обладнання стає економічно і технічно доцільним способом підвищення промислового потенціалу. Однак для обґрунтування можливості продовження терміну служби кожного конкретного об'єкта необхідно виконати ретельний аналіз факторів, що впливають на їх безпеку, працездатність і довговічність.

В доповіді наведені результати повірочного розрахунку теплообмінника системи розхолодження басейну витримки енергоблоку №3 ВП ЮУАЕС. Повірочний розрахунок включає такі етапи: аналіз результатів додаткового контролю металу, виконання розрахунків на статичну міцність, циклічну та сейсмічну стійкість [1].

На підставі наявної документації по контролю металу теплообмінників ТОР БВ визначені зони та об'єм додаткового контролю металу шляхом заміру товщини металу. При проведенні аналізу результатів додаткового контролю металу встановлена відповідність напружень в місцях контролю допустимим напруженням, зазначеним в діючих нормативних документах.

Розрахунок на статичну міцність включав побудову розрахункової моделі в середовищі APM Structure, розрахунок при параметрах, що відповідають нормальним умовам експлуатації (НУЕ) та гідровипробуванням (ГВ). Отримані результати підтверджують відповідність розрахованих напружень допустим, що зазначені в [2].

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

Розрахунок на циклічну стійкість проведено на підставі аналізу циклів навантаження теплообмінників ТОР БВ та побудови графіків зміни теплогідрравлічних параметрів протягом всього терміну експлуатації обладнання. Встановлено прогнозовану кількість циклів навантаження та визначено сумарну пошкоджуваність елементів ТОР БВ за період 60 років, даний параметр задовольняє допустимому значенню. Таким чином циклічна міцність на прогнозований період забезпечена.

Перелік посилань:

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

ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ СТРАТЕГІЇ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ ПРИ ЗАПРОЕКТНИХ АВАРІЯХ НА АЕС

Аварії, що стались в Чорнобилі у 1986 та на Фукусімі в 2011 внесли свої корективи в світове бачення щодо забезпечення аварійної готовності і реагування на ядерні та радіологічні аварійні ситуації при запроектних аваріях на АЕС. Стратегія захисту населення, яка, згідно з [1], повинна бути розроблена, обґрунтована і оптимізована на стадії забезпечення аварійної готовності, необхідна для ефективного прийняття захисних та інших мір реагування в випадку радіологічної аварійної ситуації.

Основою для стратегії захисту слугують загальні критерії захисту людини в випадку аварійного опромінення, розроблені МАГАТЕ для використання при забезпеченні готовності і реагування на радіологічну аварійну ситуацію [2].

Ці критерії забезпечують:

- запобігання розвитку важких детермінованих ефектів, тобто таких ефектів випромінювання, які є смертельними або загрозливими для життя, або призводять до непоправної шкоди здоров'ю;
- обмеження ризику розвитку стохастичних ефектів випромінювання на розумно досяжному рівні.

По тяжкості можливих радіологічних наслідків, події, умовно розділені на чотири категорії [3]:

- С1 – індивідуальна ефективна доза менше 100 мЗв;
- С2 – індивідуальна ефективна доза більше 100 мЗв;
- С3 – Еквівалентна доза від 150 мЗв до 500 мЗв;
- С4 – Поглинута доза більше 1000 мГр.

Для того, аби визначити, чи відноситься якась з подій, що сталась на АЕС, до критичної події, і були встановлені границі і критерії зміни радіаційної обстановки. Ці події призводять до зміни радіаційної обстановки, внаслідок якої доза потенційного опромінення в сумі з річним контрольним рівнем поточного опромінення перевищує річну допустиму дозу опромінення персоналу та населення. Всі події категорій С2, С3, С4 являються критичними подіями, а події категорії С1 додатково перевіряються на перевищення контрольних та критичних рівнів.

Для забезпечення аварійної готовності та ефективного реагування для захисту населення в разі радіаційної аварії необхідно застосувати наступні положення:

- аварійне зонування території навколо потенційно небезпечних об'єктів для планування захисних заходів у разі радіаційної аварії;
- критерії для проведення заходів захисту населення і персоналу в ситуації аварійного опромінення, що виникла внаслідок радіаційної аварійної ситуації;
- практичні посібники з оцінки аварії та прийняття рішень на різній стадії її розвитку для захисту населення на різних рівнях віддаленості від об'єкту.

Перелік посилань:

1. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. General Safety Requirements Part 7, Safety Standard Series No. GSR Part 7, Vienna: IAEA, 2015.
2. Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA Safety Standards Series No. GSG-2, Vienna: IAEA, 2011.
3. Норми радіаційної безпеки України. Доповнення: Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення. Державні гігієнічні нормативи (НРБУ-97/Д-2000), ДГН6.6.1-6.5.061-2000.

АНАЛІЗ БЕЗПЕКИ ПРИПОВЕРХНЕВОГО СХОВИЩА ТВЕРДИХ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ НА ЕТАПІ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Спеціально обладнане приповерхнєве сховище твердих радіоактивних відходів (СОПСТРВ) являє собою наземне спорудження, яке складається з двох паралельно розташованих секцій і центральної дренажної галереї, розташованої між секціями в підземному виконанні. Безпосередньо сховище розташоване на території майданчика комплексу «Вектор».

На даний момент неможливо точно визначити радіонуклідний склад відходів, що підлягають захороненню в СОПСТРВ. Як наслідок, для реальної оцінки безпеки був взятий довільний склад радіонуклідів (загальна активність 10^{10} Бк, рівномірно розподілених по 22 відсіках). Шляхом порівняння доз, отриманих в результаті вибору довільного складу, із застосуванням граничного значення були отримані значення максимальної дози для кожного відповідного радіонукліда, який може міститися у відходах, що будуть захоронені у СОПСТРВ.

Основною метою проекту СОПСТРВ є забезпечення захисту персоналу і населення в цілому від радіоактивних відходів, як під час експлуатації об'єкта, так і в перспективі - після його закриття.

Були визначені потенційні аварії під час експлуатації сховища, в результаті яких може статися викид радіонуклідів, і кількісно визначені їх радіаційні наслідки. В ході оцінки основна увага була приділена аваріям, які безпосередньо пов'язані з радіоактивними відходами, що підлягають захороненню в СОПСТРВ. До інших небезпечних подій відносяться нещасні випадки на транспортних засобах або пожежі, які можуть привести до опромінення персоналу, проте вони не впливають на упаковки відходів, і в даному аналізі не розглядалися.

Оцінка безпеки на етапі експлуатації СОПСТРВ заснована на систематичному аналізі відповідних характеристик майданчика і об'єктів, а також протікаючих на об'єкті процесах, спрямованих на виявлення потенційних сценаріїв аварій, які можуть привести до збитку.

Попередня оцінка вихідних подій і їх наслідків показує, що єдиними подіями, які можуть привести до пошкодження упакованих відходів і викиду радіонуклідів, є події, пов'язані з:

- аварією завантаженого автотранспорту;
- загорянням автотранспорту і контейнерів з відходами, що транспортуються;
- падінням вантажів на упаковані відходи;
- падінням упаковок відходів;
- падінням літального апарату на заповнені відсіки сховища.

Перелік посилань:

1. Проект U4.01/11AB Оказание поддержки при обращении с радиоактивными отходами на комплексе производств «Вектор» в Украине. Отчет по анализу безопасности. Том 6. Глава 6, 2018.

Магістрант 6 курсу, гр. ТЯ-61м Кайдик Б.В.

Ст.викладач, к.т.н. Бібік Т.В.

Керівник Ст.викладач, к.т.н. Бібік Т.В., НЦДК ІЯД НАН України, к.ф.-м.н. Гаврилюк В.І., Провідний інженер, Драпей С.С.

ЗАСТОСУВАННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ ЩОДО ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ ФІЗИЧНОГО ЗАХИСТУ

Система фізичного захисту є інтегрованим поєднанням організаційних процедур, людських ресурсів і складних технічних систем. Тому ефективність системи фізичного захисту можна визначити лише проводячи комплексну перевірку працездатності всіх складових системи. Буває неможливо або економічно не вигідно провести перевірку всіх технічних одиниць системи в термін визначений експлуатаційною документацією. Однак за допомогою статистичних методів можна спланувати обсяг і послідовність вибірки, щоб випробування на працездатність одиниць даного технічного засобу достовірно стверджувало про характеристику всієї сукупності. В цьому разі підходи до оцінки отриманих результатів повинні бути пропорційні значущості об'єкта перевірки в системі фізичного захисту.

Мета вибіркового контролю - зробити висновок про характер сукупності, ґрунтуючись на репрезентативній вибірці, узятій з сукупності. Очевидно, що якість результатів вибіркового дослідження залежить, в першу чергу, від того, наскільки склад вибірки представляє генеральну сукупність.

Для забезпечення репрезентативності вибірки необхідно дотримуватися принципу випадковості відбору одиниць. Принцип випадковості передбачає, що на включення або виключення одиниці з вибірки не може вплинути будь-який інший фактор, окрім випадку.

Вибіркове дослідження технічних засобів системи фізичного захисту повинно здійснюватися за атрибутами. Вибірки одиниць технічних засобів повинні однозначно володіти атрибутивною характеристикою, яка приймає конкретні значення (справна одиниця чи дефектна), тому можна застосувати гіпергеометричний розподіл ймовірності, котрий моделює кількість вдалих вибірок без повернення в кінцеву сукупність.

Керуючись чинним законодавством України у сфері фізичного захисту доцільно розглядати лише два випадки у гіпергеометричному розподілі:

1. Ймовірність виявлення дефектів у гіпергеометричному розподілі.

$$P(k = 0, N, d, n) = \frac{\binom{d}{0} \binom{N-d}{n-k}}{\binom{N}{n}} = \frac{(N-d)!(N-n)!}{N!(N-d-n)!} = \left(1 - \frac{n}{N}\right) \left(1 - \frac{n}{N} - 1\right) \dots \left(1 - \frac{n}{N-d+1}\right) \leq \left[1 - \frac{n}{N}\right]^d \quad (1)$$

Кінцева формула з урахуванням спрощень показує, що в кінцевому випадку, незважаючи на повторність або без повторність вибірки зводиться до біноміального розподілу, якщо N прямує до безкінечності.

2. Допущення однієї дефектної одиниці. У цьому випадку, щоб підтвердити та впевнитись у достовірності отриманих результатів, розрахунок вибірки проводиться як для двох взаємовиключних подій із заданою ймовірністю P .

$$P(k = 0, N, d, n) + P(k = 1, N, d, n) \leq \left(1 - \frac{n}{N}\right)^d + \left(\frac{dn}{N-d+1}\right) \left(1 - \frac{n}{N}\right)^{d-1} \quad (2)$$

Варто звернути увагу, що допуск однієї дефектної одиниці є додатковим заходом, адже згідно законодавства, при виявленні хоча б однієї непрацюючої одиниці із сукупності призводить до повної перевірки даної системи технічних засобів системи фізичного захисту.

АЛГОРИТМ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ, ЩО ПОВ'ЯЗАНІ З ПРОТІЧКАМИ ТЕПЛОНОСІЯ ДРУГОГО КОНТУРУ

Вихідні події, що викликають збільшення тепловідведення через другий контур асоціюються з порушеннями в роботі обладнання, результатом яких є часткова або повна втрата примусової циркуляції теплоносія.

Збільшення кількості тепла, що відводиться другим контуром, призводить до зменшення середньої температури теплоносія в першому контурі, супроводжуючись виділенням позитивної реактивності в активній зоні внаслідок негативного температурного коефіцієнта реактивності. Збільшення реактивності активної зони може викликати зростання нейтронної потужності реактора і зменшення запасу підкритичності. Будь-яке неконтрольоване збільшення потужності реактора може привести до пошкодження твєлів і / або надмірного збільшення тиску в реакторній установці.

На етапі групування і категоризації вихідних подій, пов'язаних зі збільшенням тепловідведення через другий контур, визначені наступні ВП для чисельного аналізу:

- розрив паропроводу всередині ГО;
- розрив ГПК;
- ненавмисне відкриття БРУ-К;
- ненавмисне відкриття БРУ-А (ПК ПГ)

Для якісного аналізу:

- порушення в системі живильної води, результатом яких є зниження температури живильної води;
- порушення в роботі системи регулювання витрати живильної води, результатом яких є збільшення витрати живильної води в ПГ;
- порушення в роботі системи регулювання тиску другого контуру, результатом, яких є збільшення витрати пари на турбіну.

Розвиток процесу при виникненні протічки 2-го контуру істотно залежить від вихідних умов. Наприклад, від початкової потужності РУ, розміру і місця протічки, набору працездатних систем безпеки, а також від додаткових відмов обладнання.

Нижче представлений загальний огляд трьох категорій ушкоджень по другому контурі з описом характеристик перехідного процесу:

- мала протічка теплоносія 2-го контуру;
- середня протічка теплоносія 2-го контуру;
- велика протічка теплоносія 2-го контуру.

Перелік посилань:

1. Guidelines for Accident Analysis of WWER Nuclear Power Plants. IAEA-EBP-WWER-01, 1995.
2. Отчет о научно-исследовательской работе. Расчеты переходных и аварийных режимов на МКУ и на мощности в состоянии с опущенной группой органов СУЗ. УДК 621.039 ВНИИАЭС, Москва 1993..
3. EP37-2006.310.ОД (3). Запорізька АЕС. Енергоблок № 5. Звіт з аналізу безпеки. Аналіз запроектних аварій. База даних по ЯПВУ для цілей АЗПА. Київ 2008.

ВПЛИВ РОЗШИРЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ МЕЖІ ПО ТИСКУ ПЕРШОГО КОНТУРУ НА ДЕТЕРМІНІСТИЧНИЙ АНАЛІЗ БЕЗПЕКИ АЕС

В зв'язку зі збільшенням долі генерації електричної енергії на атомних електростанціях для підтримання стабільності енергосистеми України існує можливість запровадження добового регулювання електричної потужності енергоблоків в режимі 100-75-100%.

При проведенні дослідної експлуатації було зафіксоване досягання тиску в першому контурі 15,89 МПа при підвищенні потужності, що є верхньою експлуатаційною межею по тиску першого контуру [1]. Тому існує необхідність розширення експлуатаційних меж по тиску першого контуру з 15,50 МПа – 15,89 МПа до 15,40 МПа – 15,99 МПа для забезпечення можливості експлуатації АЕС в вище зазначеному режимі без порушення експлуатаційних меж.

Для підтвердження безпеки експлуатації АЕС із розширеною експлуатаційною межею по тиску першого контуру, потрібно провести переоцінку безпеки АЕС в рамках консервативного детерміністичного аналізу безпеки.

Консервативний підхід визначає, що для будь-якого параметра слід обрати значення, яке матиме найбільш несприятливий ефект на критерії прийнятності[2].

У консервативному аналізі параметри установки і використовувані фізичні моделі встановлюються консервативними, такими, що призводять до найгірших наслідків. При використанні такого підходу гарантується, що жоден інший перехідний процес досліджуваного типу не призведе до порушення критеріїв прийнятності, якщо при аналізі розраховані параметри безпеки відповідають критеріям прийнятності.

Відповідно до цього необхідно провести розрахунковий детерміністичний аналіз найбільш представницьких вихідних подій проектних аварій та порушень нормальної експлуатації, обраних з переліку вихідних подій проектних аварій та порушень нормальної експлуатації [3], для яких експлуатаційна межа по тиску першого контуру має найбільший вплив на проходження аварійного процесу:

- Двосторонній розрив головного циркуляційного контуру (максимальна проектна аварій).
- Розрив колектору живильної води.
- Відключення 4-х головних циркуляційних насосів.

Дані представницькі вихідні події обрані для підтвердження виконання критеріїв прийнятності по запасу до кризи теплообміну, максимальній температурі оболонки твел, максимальній проектній межі пошкодження твелів, максимальному тиску першого контуру.

Виконання цих критеріїв дозволить підтвердити виконання умов безпечної експлуатації при розширенні експлуатаційних меж по тиску 15,40 МПа – 15,99 МПа в рамках детерміністичного аналізу безпеки.

Перелік посилань:

1. №2. ЯБ.0392.ОТ-15 Отчет о проведении опытной эксплуатации режима суточного регулирования мощности энергоблока №2 ОП ХАЕС в 10-й топливной кампании
2. Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plants ISBN 978-92-0-113309-0. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2009
3. Guidelines for Accident Analysis of WWER Nuclear Power Plants. IAEA-EBP-WWER-01, 1995

Магістрант 6 курсу, гр. ТЯ-61м Канський О.М.
Доц., к.т.н. Коньшин В.І.

РОЗРОБКА КОМПЕНСУЮЧИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМ ВАЖЛИВИХ ДЛЯ БЕЗПЕКИ АЕС, ЯКЕ МАЄ СТАТУС "КВАЛІФІКАЦІЯ НЕ ВСТАНОВЛЕНА"

Ще донедавна в умовах залежності України від імпорту енергоносіїв, постійного зростання цін на них та зношеності обладнання теплових електростанцій пріоритетним напрямом енергетичної політики держави був розвиток вітчизняної атомної енергетики, підвищення рівня безпеки та надійності її роботи. Сьогодні ж економічний та соціальний розвиток суспільства нашої країни просто неможливий без використання атомної енергетики.

Для забезпечення впевненості в тому, що елементи енергоблоків АЕС, важливі для безпеки, протягом свого терміну експлуатації виконують покладені на них функції, має здійснюватися процес підтвердження функціонування елементів енергоблоків АЕС в навколишніх умовах, які можуть сформуватися при різних зовнішніх і внутрішніх впливах на АЕС. Згідно з рекомендаціями МАГАТЕ кваліфікація обладнання (КО) є одним з проблемних питань, яке необхідно вирішити для приведення стану безпеки енергоблоків українських АЕС до міжнародно-визнаного рівня. Згідно з українськими нормативними документами, КО є невід'ємною частиною діяльності з переоцінки безпеки, що здійснюється в рамках підготовки енергоблоків до експлуатації в понадпроектний термін [1].

При негативних результатах встановлення кваліфікації обладнання підлягає заміні на кваліфіковане. У разі неможливості виконання заміни повинні бути розроблені і погоджені з Держатомрегулювання компенсуючі заходи. Компенсуючі заходи на етапі підвищення стану кваліфікації обладнання, що експлуатується включають в себе: усунення недоліків, виявлених за результатами візуальних оглядів обладнання за місцем експлуатації (наприклад, відхилення від проекту при монтажі, недостатні герметичні ущільнення); переміщення обладнання в місця з менш «жорсткими» навколишніми умовами (якщо можливо); заходи, рекомендовані за результатами оцінки сейсмостійкості методом досвіду експлуатації (установка демпферів, посилення, додаткові закріплення), тощо [2].

Але у будь-якому з цих випадків обраний варіант підвищення кваліфікації повинен задовольняти вимогам до ліцензування АЕС і мінімізувати загальну вартість програми модернізації. В сучасних реаліях розробка компенсуючих заходів завжди виступає альтернативою до заміни обладнання, а іноді є навіть в пріоритеті. Тому важливим кроком є створення типового набору заходів для окремого виду обладнання, що скоротить витрати по часу для їх підбору та впровадженню. Наприклад, для приводів арматур (особливо на трубопроводах малого діаметра), що не закріплені або закріплені не надійно це є застосування горизонтального кронштейна для закріплення устаткування до стіни, або вертикального кронштейна – до підлоги.

Перелік посилань:

1. Регулирующие требования и опыт выполнения государственных экспертиз ЯРБ материалов эксплуатирующей организации по квалификации оборудования АЭС Украины, важного для безопасности : материалы конф. ["Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР"], (ОКБ «Гидропрес», 17-20 травня 2011) / [Д. И. Рыжов, А. П. Шугайло, А. П. Шугайло та ін.]. – 2011. – С. 1.

2. СТП 0.03.050-2009. Квалификация оборудования и технических устройств АЭС. Общие требования.

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЕНЕРГОБЛОКУ В ЧАСТИНІ ОБМЕЖЕННЯ ВИКИДУ ПРОДУКТІВ ДІЛЕННЯ ЗА МЕЖІ ГЕРМООБ'ЄМУ

При оцінці стійкості гермооб'єму до руйнування встановлено, що визначальними по відношенню до подальшого протікання важкої аварії і, як результат, визначаючими величину радіоактивного викиду в навколишнє середовище є наступні фактори:

- наявність електропостачання на момент важкого пошкодження активної зони;
- стан гермооб'єму на момент плавлення активної зони;
- тиск в першому контурі на момент початку плавлення активної зони.

Крім вищезгаданих факторів, працездатність систем охолодження активної зони і систем охолодження гермооб'єму на момент початку плавлення активної зони, безумовно, будуть суттєво впливати на подальше протікання важкої аварії.

Також слід враховувати феномени, які можуть визначити розвиток важких аварій. Умовно їх можна розділити на внутрішньокорпусну фазу (природна циркуляція пара і неконденсованих газів, розпухання ТВЕЛ і порушення геометрії, повторна критичність та інші) і зовнішньокорпусну фазу (перенесення маси і теплоти в гермооб'ємі, генерація водню, поведінку аерозолів і йоду та інші).

На підставі результатів розрахункових аналізів [1], виконаних для відібраного переліку важких аварій, можна зробити висновок, що визначені наступні основні механізми, які призводять до невиконання гермооб'ємом функції фізичного бар'єру на шляху поширення продуктів поділу:

- нелокалізація гермооб'єму;
- байпасування гермооб'єму;
- відмова гермооб'єму внаслідок виходу розплаву за межі приміщення ГА301 (ранній байпас гермооб'єму через канали іонізаційних камер);
- можливість утворення умов детонації водню;
- втрата несучої здатності гермооб'єму в результаті статичного зростання тиску.

У доповіді будуть розглянуті стратегії, реалізація яких дозволить запобігти виникненню основних феноменів важких аварій або пом'якшити їх наслідки. Дані стратегії будуть проаналізовані з точки зору їх ефективності (на якісному рівні), наявності негативних ефектів, а також можливостей їх реалізації на енергоблоці ВВЕР-1000.

Перелік посилань:

1. Запорожская АЭС. Энергоблок №1. Анализ уязвимости энергоблока №1 ЗАЭС в условиях тяжелых аварий. Финальный отчет. ЕР18-2010.400.ОД.1.

ЗМЕНШЕННЯ ВОДООБМІНУ ПРИ ДОБОВОМУ РЕГУЛЮВАННІ ПОТУЖНОСТІ

На сьогоднішній день, глобальною проблемою у сфері маневрених режимів є оптимізація проведення зміни потужності. Обидва засоби впливу на реактивність при зміні потужності реакторної установки ВВЕР-1000, зміна положення ОР СУЗ та зміна концентрації борної кислоти, мають певні недоліки їх застосування. Зокрема, зміна положення ОР СУЗ викликає значні перекося поля енерговиділення та аксіального офсету.

В свою чергу, зміна концентрації борної кислоти призводить до збільшених об'ємів водообміну теплоносія першого контуру, що в свою чергу може суттєво збільшити кількість радіоактивних відходів.

Метою роботи є спроба знайти оптимальний режим маневрування потужності, що забезпечить мінімальний об'єм водообміну теплоносія першого контуру, та забезпечить виконання критеріїв прийнятності в частині обмежень на нерівномірність поля енерговиділення.

Було проведено розрахунковий аналіз таких режимів:

- Стационарний режим;
- Використання центрального стержня при оптимізації режиму маневрування;
- Використання трьох стержнів одночасно та поступово при оптимізації режиму маневрування.

Порівняльний аналіз модуляції даних режимів в DYN 3D та першого і другого етапу випробувань маневрених характеристик енергоблоку №2 ВП ХАЕС говорить про адекватність моделі, та справедливості отриманих результатів.

Верифікація розрахункової моделі проводилась по коефіцієнтам нерівномірності, відповідно після проведення пробного розрахунку стационарного функціонування РУ. По технічному регламенту безпеки, перевищення верхніх та нижніх меж безпеки по K_q не спостерігається. Отже, модель відповідає необхідним границям безпечної експлуатації РУ.

З результатів видно, що максимально ефективними режимами при оптимізації зміни потужності є використання, додатково до регулюючої групи, центрального стержня та поступове введення додаткових стержнів.

Це дає можливість мінімізувати водообмін (зміну концентрації борної кислоти) перекося поля енерговиділення, зміну аксіального офсету. А також підвищити надійність та економічність експлуатації АЕС.

Перелік посилань:

1. №2.ЯБ.0392.ОТ-15 Отчет о проведении опытной эксплуатации режима суточного регулирования мощности энергоблока №2 ОП ХАЕС в 10-й топливной кампании
2. Халимончук В.А. “Ксеноновые колебания мощности на ВВЭР-1000”, Киев, Ядерная и радиационная безопасность, 2003, №2, с. 95-107с. 41-46.
3. Guidelines for Accident Analysis of WWER Nuclear Power Plants. IAEA-EBP-WWER-01, 1995

УДК 621.039.586

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-41 Кокорський А.Р.
Ст.викл., к.т.н. Кондратюк В.А.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ ПРИ РОЗРИВІ ПАРОПРОВОДУ В ГЕРМООБ'ЄМІ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ НАПРЯМКІВ ПО ОСЛАБЛЕННЮ АВАРІЇ

У групі подій, що призводять до збільшення тепловідведення через другий контур, найбільш суттєвим є розрив по перерізу паропроводу до швидкодіючого запірною відсічного клапана.

Різке розхолодження реакторної установки може призвести в кінці кампанії активної зони (при значному негативному температурному коефіцієнті реактивності) до збільшення потужності реактора. Крім того можливе порушення циркуляції теплоносія в 1 контурі, викликане спорожненням КТ.

Однак, передбачені захисти для режимів з розривом паропроводу (спрацьовування АЗ, відключення подачі основної і аварійної живильної води в аварійний ПГ) забезпечують неперевищення проектної межі безпечної експлуатації пошкодження ТВЕЛ.

Системами які беруть участь в процесі ліквідації аварії є системи TQ14,13,12,11, TX10. Аналіз перехідних процесів і роботи механізмів всіх перерахованих вище систем в процесі протікання аварії показав, що РУ досить швидко переходить в безпечний стан, без виходу на повторну критичність.

Також аналіз показав, що самозапуск реактора можливий тільки в кінці кампанії з огляду на максимальний вплив ефектів реактивності (від'ємного значення коефіцієнта реактивності по температурі палива і позитивного - по щільності теплоносія) або при наявності багатьох відмов, що малоймовірно.

Дії щодо мінімізації розхолодження 1-го контуру при пошкодженні всіх парогенераторів є успішними.

Максимальний пріоритет, для розглянутої аварії - збереження критичних функцій безпеки «Підкритичність» і «Цілісність». Аналіз показує, що порушення даних критичних функцій безпеки не відбувається.

Перелік посилань:

1. Концерн «Росэнергоатом». Балаковская Атомная Электростанция. Служба подготовки персонала. Технологические системы реакторного отделения ВВЭР-1000 с РУ В-320. Часть 1. Системы безопасности. Балаково, 2000 год.

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

Оцінка безпеки для басейну витримки почалась виконуватись після аварії, що сталась на АЕС Фукусіма. Імовірнісний аналіз безпеки є одним з найбільш дієвих і ефективних інструментів, в оцінці ризику експлуатації діючих і проєктованих енергоблоків АЕС. За допомогою імовірнісного аналізу безпеки є можливість перевірити на скільки заходи із забезпечення безпеки є надійними та вигідними. Імовірнісний аналіз безпеки є трьох рівнів: перший рівень відповідає за пошкодження палива, другий за пошкодження гермооболонки, а третій відповідає за вплив на населення. У даному випадку розглядається імовірнісний аналіз безпеки першого рівня.

Басейн витримки призначений для наступного: транспортування та розміщення відпрацьованого палива, витримка відпрацьованого палива до його вивезення з реакторного відділу, а також для тимчасового зберігання відпрацьованого ядерного палива. На нормальну експлуатацію системи зберігання відпрацьованого палива та системи розхолодження басейну витримки впливають такі аспекти: порушення герметичності відсіків, зменшення концентрації борної кислоти у воді басейну витримки, відмови вантажопідіймальних машин, порушення тепловідведення від басейну витримки, припинення циркуляції води, неможливість подачі води від спринклерної системи в аварійних режимах, відмови систем, що забезпечують роботу системи розхолодження [1].

Розглядаючи довготривале знеструмлення було виявлено, що система підживлення та охолодження басейну витримки виходить з ладу, що призводить до аварії. Для забезпечення надійної експлуатації у даних умовах були виконані модифікації у вигляді додаткових трубопроводів, що дозволяють перекачувати чисту воду та воду з бором за допомогою мобільного насосного агрегату.

Для виконання ймовірнісного аналізу безпеки для басейну витримки енергоблоку використовувався метод малих дерев подій і великих дерев відмов. Таким чином, усі важливі деталі та аспекти будуть системами які в явному вигляді моделюються тільки на рівні дерев відмов. На рівні дерев подій в явному вигляді моделюються тільки феноменологічні або функціональні залежності. Кожне дерево подій починається з конкретної вихідної події аварії, яке фактично являє собою групу однотипних вихідних аварій. За результатами моделювання аварійних послідовностей для басейну витримки, вихідні події групують та утворюють ряди з схожих подій [2].

Для оцінки заходів із забезпечення підживлення та охолодження басейну витримки в умовах тривалого знеструмлення необхідно виконати аналіз результатів розрахунків надійності системи без модифікацій та з модифікаціями.

Перелік посилань:

1. Отчет по анализу безопасности. Описание важных для безопасности систем, оборудования и сооружений АС. Книга 6. ПАО КИЕП.
2. 21.1.70.ОБ.05.03 Техническое обоснование безопасности. Блок №1 Запорожская АЭС. ОАО ХИ «Энергопроект».

Студент 5 курсу, гр. ТЯ-71мп Коренюк Б.С.
Асист. , Гуменюк Д.В.

ВИЗНАЧЕННЯ МЕТОДІВ ТА ОБСЯГІВ РОБОТИ ДЛЯ ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГОБЛОКУ №1 ХАЕС

Однією з основних завдань для атомної енергетики України є продовження проектних термінів експлуатації енергоблоків діючих атомних електростанцій (далі АЕС) за умови забезпечення їх безпечної та надійної експлуатації. Це визначається тим, що атомні електростанції у сучасний час генерують половину всієї електроенергії, проектний термін служби багатьох енергоблоків АЕС закінчується у цьому десятилітті, а економічна криза не дозволяє здійснювати введення нових компенсуючих потужностей. Світовий досвід експлуатації АЕС показав, що проектний термін експлуатації не є граничним і може бути продовженим.

Ухвалення рішення про продовження проектного терміну експлуатації енергоблоку АЕС або його зняття з експлуатації визначається технічною реалізацією у поєднанні з економічною доцільністю. Це означає, що повинна бути доведена можливість тривалої надійної роботи обладнання, яке практично неможливо замінити (корпус реактора, трубопроводи 1 контуру і т.п.), а витрати на проведення заходів щодо забезпечення безпечної експлуатації будуть менше доходу від реалізації виробленої електроенергії. Необхідно розглядати продовження експлуатації понад призначеного терміну служби як на рівні енергоблоку в цілому так і на рівні елементів і систем, оскільки, саме вони визначають залишковий термін служби, необхідний для продовження експлуатації енергоблоку [1].

Згідно з «Енергетичною стратегією України до 2030 року»[2] у період до 2030 року має бути забезпечене виконання заходів та прийняття рішень щодо продовження строку експлуатації 11 діючих енергоблоків до 20 років за умов позитивних підсумків періодичної переоцінки безпеки. Враховуючи досвід продовження експлуатації енергоблоків РАЕС, ЗАЕС, ЮАЕС та закордонний досвід, передбачається виконання заходів програм продовження ресурсу з заміни застарілого обладнання та заходів щодо державних програм з підвищення безпеки та «стрес-тестів».

Фінансування заходів для подовження експлуатації енергоблоків діючих АЕС, виходячи з показника 2,4 тис. грн. на 1 кВт встановленої потужності, потребуватиме близько 26 млрд. грн.

Перелік посилань:

1. Комплексна програма робіт щодо подовження терміну експлуатації діючих енергоблоків атомних електростанцій, затверджена Розпорядженням КМУ від 29 квітня 2004 року № 263-р..
2. «Енергетична стратегія України до 2030 року» схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 1071

УДК

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-71мн Корсун Р.Т.
К т н Сахно О В.

ПІДХОДИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВОГО АНАЛІЗУ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ АЕС З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ГРАНИЧНОЇ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ

На сьогоднішній день велика кількість станцій проводить комплексні заходи щодо визначення сейсмічної стійкості обладнання та трубопроводів. Такі нові вимоги МАГАТЕ, які обумовленні постфокусімськими подіями. На випадок землетрусу або після нього станція повинна безпечно виконувати свої функції. Сейсмостійкість стала необхідним параметром для всіх АЕС світу навіть якщо в районі її розміщення немає помітних сейсмічних проявів.

В радянські часи і навіть зараз сейсмостійкість вимірюється за ПНАЕ Г, проте на даний момент момент цей метод являється застарілим.

Відповідно до рекомендацій МАГАТЕ, аналіз сейсмостійкості трубопроводів АЕС, що знаходяться в експлуатації, проводиться з використанням так званого методу граничної сейсмостійкості (МГС) [2], [3]. Суть методу полягає у визначенні величини граничної сейсмостійкості (параметра HCLPF). Для обчислення величини граничної сейсмостійкості HCLPF використовується коефіцієнт сейсмічного запасу FS.

В цій роботі буде проаналізовано актуальність методу граничної сейсмостійкості.

Перелік посилань:

1. Формы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок (ПНАЭ Г700286). М.: Энергоатомиздат, 1989. 525 с.
2. Evaluation of Seismic Safety for Existing Nuclear Installation // Safety Standards Series № NSG2.13, IAEA, Vienna, 2009.
3. Seismic Evaluation of Existing Nuclear Power Plants // Safety Reports Series № 28, IAEA, Vienna, 2003.
4. Аттестационный паспорт программного средства APM Structure3D (версия 10.2). Регистрационный номер 330 от 18 апреля 2013 года.

ОБГРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ЖИВЛЕННЯ НАСОСІВ САОЗ ВІД МДГС В УМОВАХ ДОВГОСТРОКОВОГО ЗНЕСТРУМЛЕННЯ ЕНЕРГОБЛОКУ З РЕАКТОРОМ ВВЕР-440

Особливістю енергоблоку з реактором ВВЕР є те, що навіть при спрацюванні аварійного захисту мають місце залишкові енерговиділення. Безпека є основним пріоритетом при експлуатації АЕС, тому для недопущення пошкодження активної зони, ці енерговиділення треба відводити. Для їх відведення в аварійних режимах окрім штатних систем може використовуватись система аварійного охолодження активної зони(САОЗ).

Система САОЗ призначена для:

- аварійного розхолодження активної зони та відводу залишкових енерговиділень при аваріях, пов'язаних з розщільненням першого контуру;
- планового розхолодження першого контуру при зупинці реакторної установки та відводу залишкових енерговиділень при проведенні планово-попереджувального ремонту або при перевантаженнях палива.

Система складається з трьох каналів, кожен з яких включає в себе таке основне обладнання: бак запасу борного розчину; насос охолодження реактору; теплообмінник САОЗ [1].

САОЗ є системою критично важливою для безпечної експлуатації АЕС, тому при знеструмленні енергоблоку повинна забезпечуватись її робота. Для забезпечення аварійного електроживлення можуть використовуватись дизель-генератори та акумуляторні батареї, а також підключення до зовнішньої мережі. Але як показала сумна практика АЕС Фукусіма-1, використання цих можливостей може обмежуватись екстремальними умовами навколишнього середовища. Після аварії на АЕС Фукусіма-1 виникла необхідність переоцінки безпеки енергоблоків АЕС та прийняття заходів, що враховували б уроки цієї аварії.

Одним із таких заходів є забезпечення незалежного аварійного електроживлення до повного розхолодження ядерної енергетичної установки при повному знеструмленні енергоблоку. Таким автономним джерелом електроживлення може бути мобільна дизель-генеруюча станція (МДГС).

МДГС забезпечує аварійне електроживлення в екстремальних умовах навколишнього середовища, таких як:

- смерч;
- землетрус;
- екстремальні температури;
- висока вологість;
- аномальні опади снігу;
- тощо [2].

В рамках моєї магістерської дисертації розглядається можливість використання МДГС для аварійного електроживлення насосів САОЗ при повному знеструмленні енергоблоку, а також проводиться розрахунок необхідної потужності для живлення цих насосів та необхідної кількості МДГС, що потрібна для цього.

Перелік посилань:

1. УПО-РЦ-1-301 - «Учебное пособие для обучаемого. Система аварийного охлаждения активной зоны (низкого давления)»

ЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ДЖЕРЕЛ НЕЙТРОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Проблема зберігання РАВ на території ЧЗВ є актуальним, оскільки на даній території, в пунктах ТЛРВ та промайданчику ЧАЕС накопилась велика кількість відходів. При вільному знаходженні РАВ в навколишньому середовищі, вони мажуть вносити значний вклад в погіршення радіаційної обстановки та навколишнього середовища.

Метою даної роботи є розробка моделі захисних властивостей транспортно-захисного контейнеру КТЗВ-0,2 (рис. 1) з урахуванням додаткового захисту від нейтронного випромінювання та розміщення в ньому джерел нейтронного випромінювання.

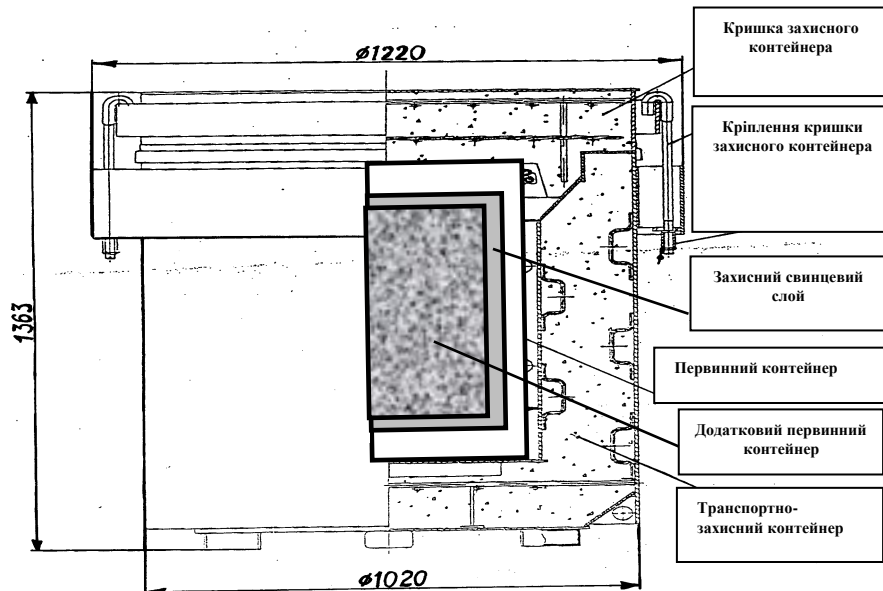


Рисунок 1. Пакувальний комплект з 100 –літровим додатковим первинним контейнером та свинцевим захистом

При використанні контейнеру КТЗВ–0,2 існує декілька варіантів формування упаковок виходячи з умов, які зазначені в технічному паспорті. Запропоновані варіанти формування упаковок дозволяють встановлення додаткового захисного слою свинцю. Але при зберіганні ВАО об'єкту «Укриття», які містять фрагменти активної зони, в контейнерах КТЗВ–0,2, потужність дози за рахунок нейтронного випромінювання значно зростає. Тому в даній роботі розроблена математична модель контейнеру з додатковим захистом парафіну від нейтронного випромінювання. Ціль даної роботи: оцінити максимальне завантаження контейнеру з урахуванням додаткового захисту від нейтронного випромінювання та дотриманням всіх технічних вимог.

В роботі отримані результати потужності еквівалентної дози (ПЕД) на поверхні контейнеру та на відстані 1м від нього. Інструментом для отримання моделі застосовувався метод Монте-Карло та програмний код SCALE.

Результати розрахунків дозволять проводити аналіз для розробки параметричного ряду упаковок для безпечного зберігання джерел нейтронного випромінювання.

УРАХУВАННЯ ВПЛИВУ СПЕКТРАЛЬНОГО ЕФЕКТУ НА ЗМІНУ ІЗОТОПНОГО СКЛАДУ ПРИ ВИГОРАННІ ПАЛИВА ВВЕР-1000

Ядерний реактор (ЯР) –це пристрій, в якому здійснюється контрольована самопідтримуюча ланцюгова реакція ділення ядер важких елементів[1]. Головним етапом ядерно-паливного циклу є використання ядерного палива в реакторі АЕС для виробництва теплової енергії.

В процесі вигорання уранового палива в результаті протікання ядерних реакцій відбувається значна зміна його нуклідного складу. У ході вигорання ^{235}U в результаті радіаційного захоплення нейтронів ядрами ^{238}U виникають і накопичуються ізотопи плутонію ^{239}Pu , ^{241}Pu , що діляться, ізотопи Pu -240, ^{242}Pu , що не діляться, а також ^{236}U . У паливі відбуваються, крім того, процеси утворення і розпаду інших трансуранових і трансплутонієвих елементів.

Будь-який код для макророзрахунків нейтронно-фізичних характеристик (НФХ) АЗ ВВЕР-1000 потребує якісно підготовленої бібліотеки малогрупових нейтронно-фізичних констант (НФК), що має враховувати специфіку розрахунків НФХ активної зони обраним кодом. Адже від того, як підготовлена бібліотека, залежить якість та точність подальших розрахунків.

Ключовою проблемою підготовки бібліотеки НФК є коректне і, якомога точне, врахування зміни ізотопного складу при вигоранні палива. Адже умови, в яких вигорє паливо, будуть впливати на спектр нейтронів в чарунці та в подальшому на зміну ізотопного складу.

Метою роботи є: 1) визначити перелік теплофізичних параметрів, що впливають на спектр нейтронів в розрахунковій паливній чарунці; 2) оцінити вплив спектрального ефекту на зміну ізотопного складу палива при вигоранні палива ВВЕР-1000.

У рамках досліджуваної теми було розроблено розрахункову модель паливної чарунки (касети) ВВЕР-1000 для програмного коду WIMS.[2]

На основі аналізу малогрупових бібліотек НФК, які використовуються у розрахункових кодах PARCS та DYN3D визначені наступні параметри для аналізу впливу спектрального ефекту на зміну ізотопного складу палива при вигоранні палива ВВЕР-1000: густина теплоносія, концентрація бору, температура палива, температура теплоносія, вигорання палива.[3]

Проаналізувавши діапазони зміни параметрів АЗ ВВЕР-1000 при роботі в режимі нормальної експлуатації обрані референтні значення параметрів та досліджено діапазон зміни параметрів, для якого проводяться розрахунки, результати яких будуть застосовані при аналізі впливу спектрального ефекту на зміну ізотопного складу палива при вигоранні палива ВВЕР-1000.

На основі виконаних розрахунків проведено аналіз впливу спектрального ефекту на зміну ізотопного складу палива при вигоранні палива ВВЕР-1000. Результати проведених розрахунків можуть бути використані в подальших роботах з підготовки малогрупових бібліотек НФК.

Перелік посилань:

1. Широков С.В. Физика ядерных реакторов. Киев, 1997.
2. J. R. Askew, F. J. Fayes, P. B. Kemshell, (1966), "A general Description of the lattice Code WIMS",. Journal of British Nuclear Energy Society, 5(1), pp. 564–584.
3. Ovdiienko I, Ieremenko M, Kuchin A, Khalimonchuk V. Development of Cross-Section Library for DYN3D Code. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2014.№4(67). С. 22-25

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМ ПРОДУВКИ ПАРОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ РЕАКТОРА ТИПУ ВВЕР

Атомна енергетика, як в Україні, так і за кордоном, базується в основному на реакторних установках з водою під тиском, водо-водяних енергетичних реакторах. Ефективність таких енергоблоків в значній мірі залежить від працездатності парогенераторів. Тільки при бездоганній роботі парогенератора в рамках проектних допусків може бути досягнутий необхідний економічний показник, рівень безпеки та надійності виробництва електроенергії на енергоблоці атомної електростанції. Тому ведуться роботи з підвищення експлуатаційної надійності парогенераторів.

Одним із способів зниження пошкоджуваності теплообмінної поверхні парогенератора та підвищення його експлуатаційної надійності є підвищення якості котлової води, а це можна досягти завдяки знанням про розподіл розчинених домішок в об'ємі парогенератора.

Розподіл домішок в об'ємі парогенератора залежить від ряду чинників: величини теплового потоку, схеми підводу і роздачі живильної води, конструктивних особливостей внутрішньокорпусних пристроїв, що впливають на просторову циркуляцію котлової води. При роботі парогенератора на номінальній потужності всі потоки збираються під самим навантаженим пакетом в кожному перерізі парогенератора.

Процес осаду шламу починається практично через кілька секунд після зупинки блоку, і шлам осідає в певній частині парогенератора, в зоні напроти "холодного" колектора. Отже, необхідно починати вивід шламу із зони його осаду вже через кілька секунд і продовжувати вивід, до тих пір, поки не осядуть останні частинки. Тим самим можна досягнути практично повного видалення шламу з парогенератора при зупинці блоку і зберегти теплопередаючу поверхню в цілісності.

Для підвищення ефективності шламовидалення і відведення солей з продувкою водою лінії продувки з "карманів" колекторів парогенератора і торців були розділені та об'єднані в один трубопровід продувки з установкою між ними електропривідної арматури. В трубопровід продувки "гарячого" торця парогенератора встановлена дросельна шайба для збільшення витрати з боку "холодного" торця, а також встановленні ручні вентиля на трубопроводах продувки "карманів" колекторів.

За рахунок модернізації системи продувки парогенератора були досягнуті позитивні результати зі зниження концентрації домішок в робочому тілі.

Перелік посилань:

1. Давиденко Н.Н., Трунов Н.Б., Усанов Д.А. Теплохімічні випробування ПГ для вибору оптимального регламенту продувки ПГ.
2. Давиденко Н.Н., Березанин А.А., Усанов Д.А. Моніторинг експлуатаційних станів ПГ.

ТЕПЛОВИЙ СТАН ВІДПРАЦЬОВАНИХ ПАЛИВНИХ ЗБІРОК РЕАКТОРІВ ВВЕР-1000 В ТИМЧАСОВИХ СХОВИЩАХ СУХОГО ТИПУ

Безпечні теплові умови зберігання відпрацьованих паливних збірок (ВПЗ) є ключовим питанням безпеки об'єкта зберігання. Проведено чисельну оцінку теплового стану ВПЗ з використанням ітеративного підходу, що базується на розв'язанні прямих спряжених та обернених задач теплообміну [1]. Через повільні зміни залишкового тепловиділення ВПЗ під час зберігання моделювання теплових процесів всередині обладнання для зберігання проводилося в квазістаціонарному формулюванні. Дослідження проводилося для вентильованого контейнера для зберігання герметичної корзини, заповненої гелієм, яка містить 24 збірки реактора ВВЕР-1000. Змодельована детальна структура корзини для зберігання з урахуванням теплопередачі, конвекції та променевого теплообміну. Визначено температурне поле бетонного контейнера, напрямних труб та паливних збірок, та поле швидкості охолоджуючого гелію в корзині та охолоджуючого повітря за межами контейнера (рис. 1). Виявлено найбільш гарячі збірки та максимальну температуру в кожній з них. Розрахунки проводилися для нормальної експлуатації обладнання при середніх літніх температурах місця розташування сховища. Використаний підхід буд перевірений шляхом порівняння обчисленої та вимірної температури охолоджуючого повітря. Запропонований підхід та методика розрахунку будуть використовуватися для наступних досліджень при оцінці стану ВПЗ в умовах аварії та для наступної оцінки безпеки сухого сховища відпрацьованого ядерного палива на Запорізькій АЕС (Україна).

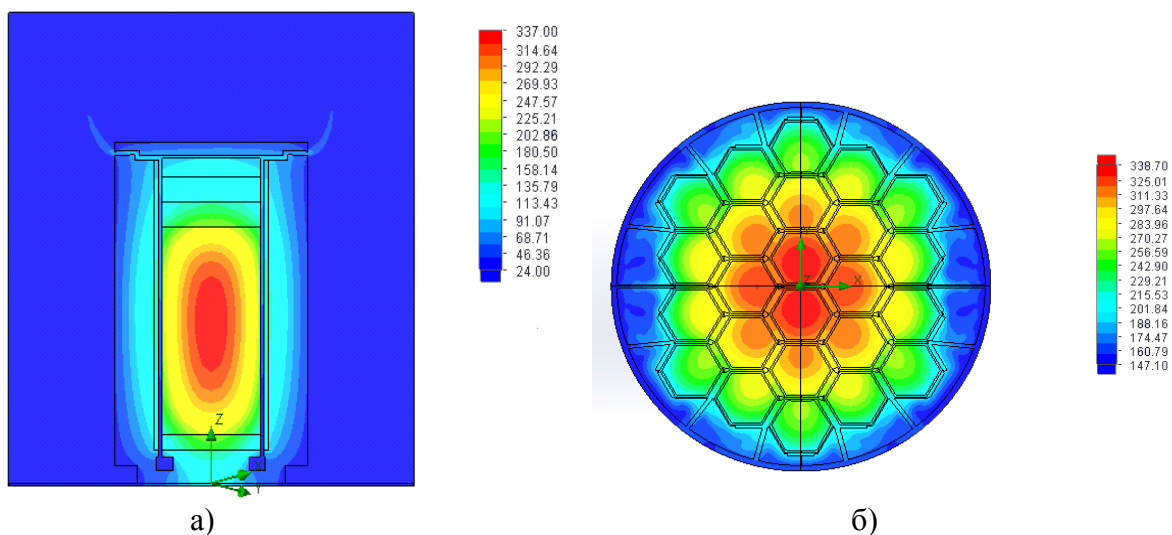


Рис.1 Температурне поле бетонного контейнера

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

ЗАХОДИ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПАРОГЕНЕРАТОРІВ ПГВ-1000 НА АЕС

В процесі виробництва і експлуатації парогенераторів з початку їх виготовлення і по теперішній час в конструкцію і технологію виготовлення був внесений ряд змін і удосконалень з метою підвищення надійності ПГ, поліпшення технологічності, підвищення зручності обслуговування і експлуатації, а так само збільшення терміну служби ПГ.

В процесі експлуатації ПГ, особливо на початковому етапі їх впровадження, в конструкцію, технологію виготовлення та в порядок експлуатації ПГ був внесений ряд змін, з метою поліпшення експлуатаційних показників, підвищення зручності обслуговування і експлуатації.

За результатами спеціальних досліджень в проект парогенераторів ПГВ- 1000 (1000М), а також в діючі ПГ на АЕС були внесені зміни, що підвищують надійність ПГ і зручність його експлуатації:

- установка відбійних козирків;
- перекриття деяких ділянок опускних каналів циркуляції в теплообмінному пучку;
- зміна величини перфорації зануреного дірчастого листа;
- організація «сольового» відсіку і зміни в системі роздачі живильної води;
- оснащення ПГ пристроєм роздачі хімреагентів;
- оснащення ПГ патрубками для огляду і змиву відкладень;
- ущільнення фланцевих з'єднань I і II контура.

За останні роки на АЕС з ВВЕР-440 та ВВЕР-1000 модернізації піддалося наступне обладнання:

- сепаратори-пароперегрівачі;
- підігрівачі низького тиску;
- підігрівачі високого тиску;
- конденсатори турбін.

В результаті проведених модернізацій збільшилася надійність, поліпшився обслуговування, зменшився обсяг ремонтів, збільшилася економічність, зменшився винос оксидів заліза і міді в контур.

Перелік посилань:

1. «Отчет об опыте эксплуатации и усовершенствованиях парогенератора типа ПГВ-1000М» ОКБ Гидропресс, 1998год.
2. Трифонов Н.Н., Ермолов В.Ф. и др. Модернизация и обеспечение надежности оборудования системы регенерации паровых турбин АЭС. М.: Тяжелое машиностроение, 2000, №3.

ОЦІНКА АВАРІЙНИХ СЦЕНАРІЇВ ПОВ'ЯЗАНИХ З КРИХКИМ РУЙНУВАННЯМ КОРПУСУ РЕАКТОРА ВВЕР-1000

Цілісність корпусу реактора повинна забезпечуватися протягом усього терміну експлуатації енергоблоку, так як в проекті не передбачено засобів, що запобігають тяжкому пошкодженню активної зони внаслідок руйнування корпусу реактора (КР). Імовірність руйнування КР повинна бути мінімізованою за рахунок застосування відповідних методів оцінки цілісності КР та своєчасним впровадженням превентивних і коригуючих заходів за їх результатами [1].

Застосовуються імовірнісні методи аналізу, які дозволяють сконцентрувати увагу на найбільш значимих механізмах (сценаріях) порушення крихкої міцності КР, сформулювати профіль ризику вкладників у виникнення термоудару або холодного переопресування КР, доповнити перелік необхідних теплогідролічних аналізів, сформулювати рекомендації щодо зниження ризику потенційного виникнення крихкого руйнування КР.

Порушення умов крихкої міцності пов'язано з двома потенційно небезпечними механізмами можливого пошкодження КР: тепловий удар під тиском (термоудар) та холодне переопресування.

На підставі критеріїв визначених за результатами [2] для ідентифікації сценаріїв, що потенційно призводять до порушення умов крихкої міцності, були визначені вихідні події аварії (ВПА), що містять послідовності з потенційними сценаріями крихкого руйнування (СКР). Для відібраних ВПА було виконано моделювання аварійних послідовностей з потенційним крихким руйнуванням КР. Моделювання виконано з урахуванням реалізованих на енергоблоці модернізацій, що потенційно впливають на СКР, а також методологічних підходів до оцінки СКР відповідно.

Особливість аналізу існуючих дерев подій (ДП) з точки зору крихкого руйнування КР полягає в тому, що відповідно до приведених критеріїв до термоудару можуть привести аварійні послідовності, які в рамках імовірнісного аналізу безпеки (ІАБ) 1-го рівня є успішними і не ведуть до пошкодження активної зони. Дана обставина пояснюється тим, що в ІАБ розглядається тільки пошкодження активної зони внаслідок відмов функцій безпеки, без урахування факторів крихкого руйнування.

Основною метою роботи є кількісна оцінка частоти виникнення аварійних сценаріїв, які потенційно можуть призвести до порушення умов крихкої міцності КР і аналіз отриманих результатів.

Перелік посилань:

1. В.И. Скалозубов, А.А. Ключников, Е.С. Лещетная. Основы продления эксплуатации АЭС с ВВЭР / В. И. Скалозубов // УДК 621.039.524.4 институт проблем безопасности АЭС НАН Украины – 2011, с. 5-7.

2. Хмельницкая АЭС. Энергоблок №1. Оценка технического состояния и переназначение срока эксплуатации корпуса реактора, верхнего блока, внутрикорпусных устройств и опорных элементов реактора энергоблока № 1 ОП ХАЭС. Этап 2.3.1. Вероятностная оценка потенциальных аварийных сценариев, связанных с хрупким разрушением корпуса реактора энергоблока № 1 ОП ХАЭС.

ЗМІСТ ОСНОВНИХ ЗАХОДІВ В МЕЖАХ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТУ ОСТАТОЧНОГО ЗАКРИТТЯ ЧАЕС

Головними цілями діяльності на етапі остаточного закриття і консервації зняття з експлуатації ЧАЕС є:

- приведення блоків ЧАЕС в стан, що виключає можливість їх використання в цілях, для яких вони були побудовані;
- звільнення блоків ЧАЕС від джерел іонізуючого випромінювання, що підлягають контролю;
- приведення блоків ЧАЕС в стан, що відповідає безпечному збереженню радіоактивних відходів, які знаходяться в них впродовж довготривалого періоду часу[1][2].

Для реалізації проекту остаточного закриття було прийнято рішення про виділення шести черг, які в свою чергу відображають технологічну послідовність виконання робіт по остаточному закриттю и консервації Чорнобильської АЕС, а саме:

- реконструкція системи протипожежного водопостачання ЧАЕС;
- демонтаж та переробка технологічних каналів і каналів системи управління і захисту на лінію подрібнення довгомірів, призначеної для безпечної переробки та упакування довгомірних спеціальних виробів, що виймаються з реакторів блоків №1, 2, 3 ;
- надійна консервація реакторного простору та приміщень центральної частини реакторного відділення блоків ЧАЕС (герметичне закриття отворів, проходок, дверей, підведень та ін.), тобто створення фізичних бар'єрів на шляху розповсюдження радіоактивних відходів;
- створення умов для забезпечення тимчасового контрольованого зберігання радіоактивних речовин на установці, тобто створення зони контролю з ціллю моніторингу за цілісністю фізичних бар'єрів;
- реконструкція шатрів центральних залів і демонтаж вантажопідйомних механізмів [3].

Перелік посилань:

1. НП 306.2.02/1.004-98. Загальні положення забезпечення безпеки при знятті з експлуатації атомних електростанцій та дослідницьких ядерних реакторів
2. Программа снятия с эксплуатации Чернобыльской АЭС От 22.04.2008
3. Отчет о научно-исследовательской работе. Программа (проект) снятия с эксплуатации Чернобыльской АЭС. Этап 2. Обосновывающие материалы. Описание Чернобыльской АЭС. 30-603.202.001.НР02.01 – К., 2007

ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА ПРОЕКТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗНЯТТЯ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГОБЛОКУ АЕС

Зняття з експлуатації - це такий комплекс заходів після вилучення ядерного палива і припинення експлуатації установки, в результаті якого неможливо її використання в цілях, для яких вона була побудована, і забезпечує безпеку персоналу, населення та природного середовища.

В значній мірі безпеку, ефективність і своєчасність виконання заходів з підготовки до зняття з експлуатації і зняття з експлуатації блоків АЕС залежить від інформаційного забезпечення.

Метою створення система інформаційного забезпечення зняття з експлуатації є збір і збереження всієї інформації необхідної для підготовки до зняття з експлуатації і зняття з експлуатації блоків АЕС.

Для досягнення даної мети накопичення інформації виконується в процесі всього життєвого циклу енергоблоку АЕС.

Джерела інформаційного забезпечення зняття з експлуатації

Джерелом даних для СІЗ ЗЕ є:

- Проектна документація (креслення, специфікації);
- Перелік обладнання АЕС;
- Інструкції по експлуатації;
- Звіти про порушення експлуатації ЯУ, аварійних ситуаціях і аваріях;
- Технічні умови, технічні рішення по модернізації і реконструкції;
- Інформація, що зберігається в БД КІРО та в інших БД.

Форми зберігання інформації

СІЗ ЗЕ складається з двох частин:

- Немашинна часина, що містить інформацію на паперових або інших немашинних носіях;
- Машинна частина, представляє базу даних, створену на основі програмних засобів прийнятих Компанією.

Режими і способи зберігання інформації, що міститься в немашинній часині СІЗ ЗЕ, повинні визначатися типом і регламентом СУБД, з врахуванням програмної платформи.

Місце і термін зберігання СІЗ ЗЕ на паперових носіях повинно встановлюватися внутрішніми розпорядчими документами ЗП АЕС.

Перелік посилань:

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

МЕТОДИ ОДЕРЖЕННЯ ДОДАТКОВОЇ ВОДИ ДЛЯ ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ З РЕАКТОРАМИ ВВЕР-440

Безпека експлуатації ядерної енергетичної установки АЕС багато в чому залежить від якості теплоносія і робочого тіла. Втрати теплоносія, конденсату та пари на енергоблоці мають бути скомпенсовані додатковою водою. Якість води повинна відповідати вимогам правил технічної експлуатації. В роботі розглянуті сучасні методи підготовки додаткової води на АЕС з реакторами ВВЕР-440. Основні технологічні схеми та обладнання, яке застосовується для хімічного очищення води, розглянуто на прикладі обладнання хімічного цеху 1-го енергоблоку Рівненської АЕС.

Підготовка додаткової води відбувається у 2 стадії : на першій – видаляються головним чином, зважені домішки, на другій – вода піддається очищенню хімічними або термічними методами.

В рамках доповіді розглянуто попереднє очищення природної води методом осаджування, в процесі якого видаляються грубодисперсні і колоїдні домішки у вигляді осаду.

Розкрито сутність і фізичні основи процесу освітлення підготовленої води, який реалізується шляхом відстоювання та фільтрування. Наведено схеми освітлювача та механічного фільтру.

Представлено опис процесу знесолення освітленої води. Детально розглянуті фізичні основи і реалізація методу знесолення з використанням двоступеневих іонообмінних фільтрів, у яких катіони та аніони солей і кислот заміщуються на іони H^+ та OH^- .

У роботі наведений опис та схема фільтру змішаної дії (ФЗД), де відбувається остаточне очищення від гідратованих солей і залишків реагентів, які могли бути винесеними потоком води з іонообмінних фільтрів попередніх ступенів очищення.

Контроль якості і відповідності регламентованим параметрам відбувається на кожній стадії підготовки додаткової води. Сучасні методи фізико-хімічної обробки природної води дозволяють забезпечити виконання умов, що гарантують тривалу безаварійну роботу основних агрегатів теплоенергетичного виробництва, отримувати з природної води знесолену воду для підживлення контурів, для установок хімводоочищення (ХВО) і установок спецводоочистки (СВО).

Перелік посилань:

1. Кишневский В.А. Технологии подготовки воды в энергетике: Учебник./В.А.Кишневский – Одесса: Фенікс, 2008.-400 с.
2. Кишневский В.А. Современные методы обработки воды в энергетике: Учебное пособие для студентов специальностей <<Теплоэнергетика>>, <<Атомная энергетика>> и эксплуатационного персонала ТЭС и АЭС./ В.А. Кишневский – Одесса: ОГПУ, 1999, -196 с.
3. Рівненська АЕС. Енергоблок №1. Технологія підготовки води для теплоенергетичних установок, 2008. -122 с

ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ КОМПЕНСАЦІЇ ТИСКУ ДЛЯ РЕАКТОРІВ ТИПУ ВВЕР - 1000

Особливості безпеки станцій з реакторами ВВЕР – 1000/320 показують, що основна концепція безпеки даних реакторів співпадає із PWR, які встановлені в інших країнах. Процес реконструкції в більшості не відрізняється від того, який продовжується на діючих станціях у всьому світі, зокрема на тих, що були побудовані по раніше прийнятих стандартах. ІЗП КТ типу УФ 50024 – 100 виробництва ВАТ «Пензтяжпромарматура» (Росія), що знаходилися в експлуатації на діючих АЕС з ВВЕР-1000, спроектований більш ніж 40 років тому з урахуванням наявного на той час рівня технологій і існуючих матеріалів [1].

Було проаналізовано застосування імпульсно - запобіжного пристрою фірми «Sempell», що встановлюється в системі компенсації тиску для захисту першого контуру від перевищення тиску і призначений для автоматичного скидання пари, пароводяного середовища і теплоносія першого контуру з компенсатору тиску при аварійному підвищенні тиску в головному циркуляційному контурі [2].

Реалізація заходів з підвищення безпеки дозволила системі:

- захистити перший контур від переобпресування в режимі розхолодження через теплообмінник САОЗ і від переобпресування в «холодному» стані;
- в умовах аварій проводити процедуру «feed and bleed» («скидання-підживлення»);
- забезпечити можливість використання сучасних технологій при випробуваннях ІЗП на предмет їх функціональної працездатності (мобільна система (A143.DH) для настройки і випробувань імпульсних клапанів при знижених параметрах першого контуру).

Імпульсно-запобіжні пристрої фірми «Sempell» встановлюються в системі компенсації тиску для захисту першого контуру від перевищення тиску, для керованого зниження тиску до $5,0 \text{ кгс} / \text{см}^2$ (0,49 МПа) в разі реалізації режиму скидання /підживлення («feed and bleed») при неможливості відведення залишкових тепловиділень через другий контур, а також для захисту від переобпресовки в «холодному» стані обладнання першого контуру [2].

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. – 254 с.
2. РЦ.3394.ИЭ-04. Хмельницкая АЭС. Энергоблок № 2. Инструкция по ликвидации аварий и аварийных ситуаций

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДЖИВЛЕННЯ ПГ В УМОВАХ ПОВНОГО ЗНЕСТРУМЛЕННЯ АЕС ДЛЯ ВВЕР-440

11 березня 2011 р. відбулася найбільша за наслідками радіаційна аварія в ХХІ ст. на АЕС «Фукусіма-1» в Японії в результаті найсильнішого землетрусу в історії країни та руйнівного цунамі, яке наступило після нього.

Після аварії Європейська Рада призвала дослідити уроки аварії і виконати всеосяжну і відкрити оцінку безпеки АЕС в країнах ЄС (стрес-тести).

По результатах стрес-тестів енергоблоків АЕС України була розроблена низка заходів по підвищенню безпеки (Комплексна (зведена) Програма з Підвищення Безпеки), в тому числі до підвищення стійкості АЕС до зовнішніх екстремальних явищ.

Було визначено, що однією з першочергових стратегій подолання аварій з повним тривалим знеструмленням АЕС і втратою відведення тепла до кінцевого поглинача є відновлення тепловідведення по другому контуру.

Зауважимо, що дефіцит безпеки, що відноситься до виконання функції відведення тепла від активної зони (АКЗ) по другому контуру, для АЕС України було виявлено задовго до аварії на АЕС «Фукусіма-Даїчі» та проведення «стрес-тестів». Більш того, на ряді енергоблоків АЕС України були реалізовані заходи, спрямовані на його усунення. Зокрема, для енергоблоків з реакторними установками (РУ) ВВЕР-440/В-213 впроваджена додаткова система аварійної живильної води (ДСАПВ), а для енергоблоків з РУ ВВЕР-1000/В-320 реалізована можливість заповнення баків аварійної живильної води від зовнішніх джерел.

Додаткова система аварійної живильної води (ДСАПВ) парогенераторів призначена для подачі аварійної живильної води в парогенератори, в разі виходу з ладу існуючих систем АПВ (ДАПЕН) внаслідок впливу вихідних подій природного (землетрус, повінь, ураган, смерч) і / або техногенного (пожежа, затоплення, летючі предмети) характеру. У разі виходу з ладу зазначених вище систем, ДСАПВ, спроектована за принципом автономності, дозволить реалізувати безпечний і аварійний зупин реакторної установки, переведення її в холодний стан з відведенням тепла через 2-й контур з допомогою ШРУ-А або ІЗП ПГ.

Перелік посилань:

1. Дополнительная целевая переоценка безопасности энергоблоков ОП РАЭС с учетом уроков, извлеченных из аварии на АЭС Фукусима-1. — Гл. 3 : Потеря электропитания и/или ко- нечного поглотителя тепла : ОЦПБ-0.41.002.03 / М-во топлива и энергетики Украины; ГП «НАЭК “Энергоатом”». — 2011. — 432 с.
2. Комплексная (сводная) программа повышения безопас- ности энергоблоков АЭС Украины / М-во топлива и энергетики Украины; ГП «НАЭК “Энергоатом”». — К., 2010

АНАЛІЗ БЕЗПЕКИ ПРИ ПОРУШЕННЯХ НОРМАЛЬНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВВЕР-1000 В УМОВАХ ДОБОВОГО МАНЕВРУВАННЯ ПОТУЖНІСТЮ

Зважаючи на високу частку виробництва електроенергії АЕС та дефіцит маневрених потужностей в об'єднаній енергосистемі України існує потреба в переведенні атомних енергоблоків в режим добового маневрування потужністю. Для енергоблоків АЕС з ВВЕР-1000 проектом передбачалася експлуатація в базовому режимі на номінальному рівні потужності. Однак є можливість і реалізації роботи в маневреному режимі, що підтверджують успішні результати першого етапу дослідної експлуатації його на 2-му енергоблоці Хмельницької АЕС, що полягав в періодичній зміні потужності протягом доби в межах 100-80% від номінальної. Однак, впровадження режиму вимагає врахування деяких негативних аспектів, що притаманні роботі енергоблоку в цьому режимі, а саме:

- ксенонові коливання потужності, які спричиняють періодичну зміну розподілу енерговиділення по висоті активної зони реактора та потребують використання спеціальних алгоритмів для їх подавлення [1];
- зростання ймовірності помилки оператора, оскільки при управлінні одночасно контролюється зміна багатьох нейтронно-фізичних і теплогідравлічних параметрів;
- циклічні зміни потужності призводять до зміни температур в обладнанні першого і другого контуру, що викликають додаткові напруження, які в свою чергу впливають на ресурс цього обладнання та можуть привести до його відмов.

Зазначені аспекти можуть спричинити виникнення додаткових порушень нормальних умов експлуатації АЕС в порівнянні з переліком, що традиційно розглядаються при аналізі безпеки працюючої в стаціонарному режимі РУ. Для кожного такого порушення має бути виконаний розрахунковий аналіз безпеки, який підтвердить відсутність порушення проектних меж безпечної експлуатації енергоблоку.

Для енергоблоку №2 Хмельницької АЕС була проведена консервативна оцінка безпеки експлуатації в режимі добового регулювання потужністю в 5-8 кампаніях протягом перших 200 еф. діб в умовах деяких порушень нормальної експлуатації і проектних аваріях [2]. За її результатами показано, що вихідні події пов'язані з:

- тривалою відсутністю управління висотним полем енерговиділення оператором;
- помилковим введенням оператором концентрату борної кислоти в перший контур;
- опусканням робочої групи ОР СУЗ нижче регламентного положення;
- викиданням кластера;
- самоходом робочої груп ОР СУЗ

призводять до перехідних процесів, що протікають з дотриманням критеріїв прийнятності для параметрів теплотехнічної надійності роботи ТВЕЛів.

Таким чином, виникає необхідність визначення порушень нормальних умов експлуатації, що не передбачені діючими звітами з аналізу безпеки, але можуть виникнути при проведенні маневру потужності, та проведення додаткового розрахункового моделювання з метою аналізу безпеки впровадження зазначеного режиму, що і є метою даної роботи.

Перелік посилань:

1. Халимончук В. А. Ксеноновые колебания мощности на ВВЭР-1000 / В. А. Халимончук. // Ядерная и радиационная безопасность. – 2003. – №2. – С. 95–107.
2. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка предварительного ОАБ опытно-промышленной эксплуатации энергоблока №2 Хмельницкой АЭС в режиме маневрирования мощностью».

ЗАХОДИ ЩОДО ПРОДОВЖЕННЯ ПРОЕКТНОГО ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГОБЛОКУ ВВЕР-1000

Продовження терміну експлуатації енергоблоків АЕС в даний час актуально не тільки в Україні але і в багатьох країнах світу, які використовують атомну енергетику. Актуальність обумовлена в першу чергу тим, що значна частина енергоблоків АЕС виробила (або виробляє) свій призначений термін експлуатації.

Сьогодні відсутня вичерпна вихідна інформація, яка необхідна для однозначного прогнозу можливих термінів продовження експлуатації діючих енергоблоків. Визначено сценарії, що проаналізовані в техніко-економічному розрахунку, які відповідають трьом можливим термінам продовження експлуатації ядерних енергоблоків: Оптимістичний (10-15 років); Базовий (10 років) і Песимістичний (5-10 років) понад 30-річного терміну експлуатації, передбаченого вихідними проектами. В якості базового був визначений сценарій, який відповідає продовженню терміну експлуатації ядерних енергоблоків на 10 років понад проектного.

Основною метою техніко-економічного розрахунку є економічне обґрунтування доцільності вкладення коштів в продовження експлуатації енергоблоків АЕС з реакторами ВВЕР-440, ВВЕР-1000 за терміни, передбачені вихідними проектами.

Остаточне визначення обсягів, графіку витрат і оцінки ефективності вкладення коштів будуть виконуватися для кожного енергоблоку діючих АЕС України за результатами оцінки поточного стану його елементів і систем і уточнюватися по мірі проектування і реалізації відповідних заходів з продовження терміну його експлуатації.

Для всіх сценаріїв розвитку ядерно-енергетичного комплексу підтверджено доцільність та економічну ефективність продовження експлуатації енергоблоків діючих АЕС.

Серед розглянутих сценаріїв найкращі показники за критеріями доцільності та економічної ефективності відповідають оптимістичному сценарію (10-15 років), найгірші - песимістичному сценарію (5-10 років).

Перелік посилань:

1. ДНІЦ СКАР. Попередній техніко-економічний розрахунок витрат на продовження експлуатації енергоблоків АЕС України / ДНІЦ СКАР. – Київ, 2004. – 111 с.
2. Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. Концепція зняття з експлуатації діючих АЕС України / Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. – Київ, 2015. – 189 с.

НАСЛІДКИ СТРАТЕГІЙ КЕРУВАННЯ ВАЖКИМИ АВАРІЯМИ НА РЕАКТОРІ ВВЕР-440

При експлуатації ядерної енергетичної установки з реактором ВВЕР-440 не можна виключати можливість виникнення важкої аварії. Оскільки в проєкті ВВЕР-440 не передбачені спеціальні системи, які запобігають наслідки важких аварій, були розроблені стратегії керування важкими аваріями. Стратегії не є універсальними і кожна з них призводить як до позитивних наслідків, так і до негативних. Розглянуті нижче стратегії є прикладом типових стратегій, які в теперішній час призначені для керування важкими аваріями на ВВЕР-440¹.

Одною із стратегій керування важкими аваріями є «Зниження тиску в першому контурі». Успішна реалізація даної стратегії дозволяє запобігти можливості виникнення наведених температурних відмов в обладнанні першого контуру і виникненню байпасування системи герметичних огорожень (СГО), запобігти відмові корпусу при високому тиску і тим самим запобігти можливим високотемпературним навантаженням для СГО і в разі його байпасування, реалізація даної стратегії дозволяє перерозподілити шляхи викиду продуктів поділу і тим самим зменшити радіоактивний викид в навколишнє середовище. Аналіз даної стратегії показав, що її застосування на ВВЕР-440 приводить до негативних наслідків, наприклад: якщо тиск в герметичному огороженні підвищений, то зниження тиску шляхом відкриття запобіжних клапанів приведе до збільшення виходу пари в герметичні приміщення, до зростання тиску і, тим самим, до зростання загрози цілісності захисної оболонки. При високому тиску в герметичних приміщеннях загроза цілісності захисної оболонки від переопрессовки може виникнути раніше, ніж буде ліквідована загроза від високого тиску в першому контурі.

Друга стратегія, що розглядається це «Підживлення в парогенераторі(ПГ). Результати ВАБ-2² для енергоблоку №1 РАЕС показали, що важкі аварії, пов'язані з течами з першого контуру в другий, є одним з основних вкладників в частоту аварійного викиду (23%). Таким чином, можна зробити висновок, що дана стратегія має високий пріоритет. Реалізація даної стратегії в разі успіху дозволить по-перше, забезпечити захист трубок парогенераторів від пошкодження через високотемпературну повзучість, по-друге, забезпечити тепловідвід від першого контуру (в разі наявності теплоносія в першому контурі), по-третє, подача теплоносія в другий контур ПГ сприятиме додатковому утриманню продуктів поділу, які потрапляють в парогенератори через нещільності трубчатої поверхні теплообміну(ТПТО). Разом з тим, реалізація даної стратегії може привести до негативних наслідків. Як негативні наслідки даної стратегії можуть бути розглянуті: руйнування ТПТО ПГ внаслідок виникнення жорсткого температурного режиму (затоплення ПГ на пізніх стадіях важких аварій) і корозійне розтріскування ТПТО ПГ при використанні технічної води від позаштатних джерел для подачі води в ПГ.

Перелік посилань:

1. Ривненская АЭС. Энергоблок № 1. Технический отчет. Анализ уязвимости в условиях тяжелых аварий. Этап 3. Разработка стратегий по управлению тяжелыми авариями. Приложение Г. Выбор и предварительное обоснование стратегий управления ТА
2. Ривненская АЭС, Энергоблок №1. Проведение ВАБ 2-го уровня для энергоблока №1 РАЭС. Итоговый отчет, 38-680.203.040.ОБ00.Процедурное руководство по техническому и аналитическому обоснованию стратегий РУТА. Итоговый отчет.

ПЛАЗМА КАК ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ БУДУЩЕГО. РАЗВИТИЕ ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ В МИРЕ, ДОСТИЖЕНИЯ УЧЕНЫХ В УТС.

Первой головоломкой для физиков про УТС было удержание плазмы. Ведь она во время синтеза имеет 300 млн градусов. Первую идею по конструкции реактора подал О. Лаврентьев, и послал письмо Й.Сталину с этой идеей. На ее основе А.Сахаров и И.Тамм предложили более корректную идею с электромагнитным удержанием. Так и двинулась конструкционная идея строительства стеллараторов и токамаков.

В скором времени нам понадобится чистый управляемый термоядерный синтез, который является экологически чистым, не имеющим радиоактивных отходов[1]. Часть его топлива дейтерий (D) – дешёвый (его добывают из мирового океана). Промышленный тритий (T) получают облучением лития-6 нейтронами в ядерных реакторах, за 30 млн \$ за килограмм. Запасы Li значительно меньше, чем запасы D, и это одна из немногих проблем. Использование других элементов не всегда согласуется с критерием Лоусона.

Для исследований на ITER требуется 2-3 килограмма T в год, а для работы станции DEMO требуется 4-5 килограмм T в год[2].

Почему же до сих пор мы не используем энергию плазмы? Реакция считается пока не контролируемой и время удержания плазмы пока не велико, но растёт с каждым годом. Китайские физики, работающие на токамаке EAST, побили мировой рекорд по времени удержания высокотемпературной плазмы в магнитном поле в 2017 году. Им удалось удерживать плазменный шнур в стабильном состоянии 101,2 секунды[3].

Если мы будем идти в том же направлении, и будем вкладывать больше финансов и сил в ITER, то мы добьёмся намеченных результатов быстрее, чем запланированный декабрь 2025 года. И перейдём к следующему этапу – DEMO(переходное звено между ITER и первыми коммерческими термоядерными реакторами). Причём, DEMO уже строятся в некоторых странах мира[4].

В этой работе рассмотрено: История развития, сегодняшние достижения и чего ожидать от будущего УТС.

Цель данной работы: Исследование и анализ данных для описания наиболее возможного пути развития УТС.

Перечень ссылок:

1. 001. Да будет свет: Какое будущее у атомной энергетики? [Электронный ресурс]: [видеозапись с субтитр.]. – 96 Min / 847 MB. – [К.] : YouTube UA Канал «Академия Яндекса», 2017. - Режим доступа к видеозаписи: https://moneytubes.info/video/_eуxAKp4pqI/

2. Tritium Supply Considerations [Электронный ресурс]: ITER startup inventory estimated to be ~3 Kg / [Scott Willms] - 2003. – С.16. – Режим доступа к журналу: <http://www.fusion.ucla.edu/ITER-TBM/ITER-TBM2/Tritium%20Supply%20Considerations.ppt>

3. N+1 [Электронный ресурс]: Плазменный шнур в токамаке EAST продержался дольше 100 секунд / А.Войтюк// Интернет-издание. - 2017. – Режим доступа к журналу: https://nplus1.ru/news/2017/07/12/veryverylongfusion?utm_referrer=https%3A%2F%2Fzen.yandex.com

4. Частное учреждение Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», Проектный центр «ИТЭР» [Электронный ресурс]: Проект DEMO — следующий шаг / [А.В. Красильников]. - 2007. – С.2. - Режим доступа к статье: https://www.iterrf.ru/dlya_zagruzki/Broad%20approach.doc

АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМ САОЗ В УМОВАХ АВАРІЙ

На атомних електричних станціях існує багато сценаріїв можливих аварій. Один з цих сценаріїв передбачає двосторонній розрив холодної нитки ГЦТ на вході в реактор, що являє собою максимально проектну аварію (МПА).

В результаті втрати теплоносія з реактора відбувається різке зниження тиску теплоносія першого контуру і кипіння теплоносія в активній зоні. А також можливе знеструмлення енергоблоку (відключення ГЦН, ТЕН КД і закриття СК ТГ). Через це спостерігається припинення циркуляції через реактор, погіршення тепловідведення з поверхні оболонок ТВЕЛ і настає криза теплообміну в активній зоні реактора. А це в свою чергу загрожує досягненням оболонок ТВЕЛ критичної температури і розплавленням ядерного палива.

Щоб забезпечити ліквідацію такої аварії використовується система аварійного охолодження активної зони низького тиску (САОЗ НТ) ТQ12(22) і система гідроємностей (ГЄ) САОЗ (УТ). Ці системи передбачають подачу розчину борної кислоти в активну зону. Спочатку спрацьовує ГЄ САОЗ, він подає борний розчин над активною зоною і під нею. Після досягнення нижнього рівня в ГЄ вони відключаються і включається САОЗ НТ, яка також забезпечує живлення реактора борним розчином. Завдяки роботі цих систем:

- знижується тиск;
- зростає запас теплоносія першого контуру;
- зростає і підтримується рівень в реакторі;
- не допускається перевищення критичної температури оболонок ТВЕЛ;
- досягаються довгострокові відведення залишкових енерговиділень від активної зони реактора.

Виконаний аналіз роботи системи САОЗ показав, що дана система повною мірою впоралась з поставленою задачею ліквідації аварії. Температура оболонок ТВЕЛ досягла значення 1075°C, що є менше, ніж максимально допустима 1200°C. А це означає, що цілісність ТВЕЛ зберігається і розплавлення ядерного палива не відбулося. Подальші дії оперативного персоналу повинні бути спрямовані на розхолодження реактора і ліквідації наслідків аварії.

Перелік посилань:

1. Концерн «Росэнергоатом». Балаковская Атомная Электростанция. Служба подготовки персонала. Технологические системы реакторного отделения ВВЭР-1000 с РУ В-320. Часть 1. Системы безопасности. Балаково, 2000 год.

СИСТЕМА ВІБРОШУМОВОЇ ДІАГНОСТИКИ РУ ВВЕР-1000

Забезпечення надійної та безпечної експлуатації реакторної установки (РУ) неможливе без контролю вібростану основного обладнання РУ, зокрема корпусу реактора, внутрішньокорпусних пристроїв (ВКП), тепловиділяючих збірок (ТВЗ), обладнання та трубопроводів головного циркуляційного контуру (ГЦК). Отримані при цьому параметри вібростану дають змогу виявити вузол і компоненти, які найбільше піддаються впливу експлуатаційних режимів РУ, щоб оцінити вироблення проектного ресурсу обладнання й можливість продовження терміну експлуатації енергоблоків.

Безпека АЕС багато в чому залежить від надійності палива в процесі нормальної експлуатації та в разі зовнішніх динамічних впливів. Значну частку відмов ядерного палива реакторів з водою під тиском становлять відмови, спричинені вібрацією.

На ВВЕР-1000 першу систему віброшумової діагностики (СВШД) встановили на першому блоці Калінінської АЕС у 1991 році. Це була СВШД CARD угорського виробництва, яка пройшла широку апробацію на ВВЕР-440 АЕС «ПАКШ».

В Україні на реакторах типу ВВЕР-1000 системи шумової діагностики впроваджуються останнім часом для обґрунтованого продовження терміну експлуатації та застосування нових поколінь ТВЗ, зокрема ТВЗ альтернативних виробників. СВШД на АЕС України постачається у складі «Комплексної системи діагностики (КСД) систем реакторної установки і системи контролю переміщення трубопроводів 1-го контуру реактора ВВЕР-1000 типу В-320 (КСД-320)» [1]. Першу СВШД на ВВЕР-1000 впроваджено на енергоблоці №1 Южно-Української АЕС в 2014 році.

Шуми енергетичного реактора – це складні взаємопов'язані явища нейтронної фізики, теплогідравліки, акустики і механіки. Їх інтерпретація дає змогу створювати інструмент ранньої діагностики стану РУ – шумову діагностику. Нейтронно-шумова діагностика базується на моніторингу флуктуаційних складових нейтронного потоку [2].

Головним завданням віброшумового діагностування є визначення вібростану обладнання на основі аналізу зміни частотних характеристик як з міжремонтний період, так і за час життя реакторної установки. Отримання частотних характеристик сигналу базується на виконанні швидкого перетворення Фур'є. Для визначення інших характеристик у СВШД застосовують алгоритми розрахунку авто- та взаємно кореляційних функцій, авто- та взаємно спектральної густини потужності, когерентності, резонансу, імпульсної перехідної функцій, фазового аналізу тощо [3].

Впровадження СВШД у складі КСД на реакторах типу ВВЕР-1000 дає змогу отримувати діагностичну інформацію про вібростан ВКП і ТВЗ, яка потрібна для обґрунтування можливості безпечної експлуатації ВВЕР-1000 в понадпроектний термін.

У складі системи можуть бути реалізовані додаткові функції, наприклад «... оперативне автоматизоване визначення ... коефіцієнтів реактивності», за вимогами керівництва АЕС.

Перелік посилань:

1. Техническое задание. Оборудование комплексной системы диагностики систем реакторной диагностики и системы контроля перемещения трубопроводов первого контура (КСД) / СНПО «Импульс». 2015.
2. Аркадов Г.В., Павелко В.И., Усанов А.И. Виброшумовая диагностика ВВЭР. М. : Энергоатомиздат, 2004. 344 с.
3. Аркадов Г.В., Павелко В.И., Финкель Б.М. Системы диагностирования ВВЭР. М.: Энергоатомиздат, 2010. 391 с.

УДК 536.516.1

Студент 2 курсу, гр. ТЯ-62 Резніченко А.С.
Доц., к.т.н. Федоров В.М.

АЛГОРИТМІЧНИЙ МЕТОД СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ ВИМІРЮВАНЬ ДИЛАТОМЕТРИЧНИМ ТЕРМОМЕТРОМ

У різних галузях техніки таким видом вимірювань, що часто зустрічається, є вимірювання температури. Серед безлічі типів вимірювачів гідне місце займає дилатометричний термометр. Він має один істотний недолік - досить велику тривалість вимірювання.

Ця тривалість дорівнює (3-4) T , де T - стала часу приладу. У разі вимірювання температури рідких середовищ (коефіцієнт тепловіддачі змінюється в межах $\alpha = 1000-2000 \text{ Вт / м}^2 \cdot \text{°C}$), стала часу порівняно мала ($T = 0,1-20 \text{ сек}$). При контакті з гасом ($\alpha = 20-40 \text{ Вт / м}^2 \cdot \text{°C}$) значення T досягає 1-10 хвилин. Для зменшення інерційності термометра прагнуть збільшити площу F його поверхні, зменшуючи при цьому по можливості його масу m . Автори пропонують скоротити час вимірювання алгоритмічно, аналізуючи криву розігріву термометра.

Рішення диференціального рівняння, що описує процес розігріву термометра, має вигляд

$$t = t_i + (t_{\text{окр}} - t_i)e^{-\beta\tau}, \quad (1)$$

де $t_{\text{окр}}$ - початкове значення температури, $\beta = T^{-1} = \alpha F m^{-1} c^{-1}$, τ - поточний час, c - питома теплоємність чутливого елемента термометра, t - поточна температура, t_n - вимірюване значення температури. Припускаючи, що початкове значення $t_{\text{окр}}$ температури - вимірюється, а параметр β - відомий, вимірювану температуру t_n , застосувавши метод найменших квадратів, визначимо так:

$$t_{\text{окр}} = \left[\sum_{i=1}^n t_i (1 - e^{-\beta\tau_i}) - t_{\text{окр}} \cdot \sum_{i=1}^n e^{-\beta\tau_i} (1 - e^{-\beta\tau_i}) \right] \cdot \left[\sum_{i=1}^n (1 - e^{-\beta\tau_i}) \right]^{-1} \quad (2)$$

У разі, якщо параметр β - невідомий, знайти вимірювану температуру можна, мінімізуючи квадрат різниці правої і лівої частин виразу (1). Проведено машинне моделювання запропонованих алгоритмів, яке повністю підтвердило їх працездатність.

УДК 681.12

Студент 2 курсу, гр.ТЯ-62 Резніченко А.С.; студент 2 курсу, гр.ТЯ-61 Ятченко М.О.
Доц., к.т.н. Федоров В.М.

ПРО ЕКОНОМІЧНУ ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТУРБІННИХ ВИТРАТОМІРІВ В ЯКОСТІ ВИМІРЮВАЧІВ МАСОВОЇ ВИТРАТИ

В даний час на світовому ринку енергетичних продуктів домінує тенденція переходу від вимірювання витрати об'єму продукту до вимірювання витрати його маси. Виникає питання про раціональне використання тих вимірювачів об'єму продукту, термін експлуатації яких ще далеко не вичерпаний. Для турбінного витратоміра авторами була запропонована методика, що дозволяє одночасно з вимірюванням об'єму вимірювати і густину продукту, що дозволяє розглядати турбінний витратомір як вимірювач витрати маси. Якщо піти по шляху відмови від турбінних витратомірів, що експлуатуються, і заміни їх масовими, витрати будуть істотними. Наприклад, при парку витратомірів в 30 тисяч штук, середньою ціною за прилад 2 тисячі гривень і 50% їх зносу належить «зарити в землю» 1 млн. \$. Крім того, придбання такої кількості масових витратомірів (ціна за одиницю - 10 тисяч гривень) обійдеться ще в 10 млн. \$.

Автори пропонують доопрацювати існуючий витратомір і експлуатувати його до повного вироблення ресурсу. Проведене машинне моделювання та отримання патенту на корисну модель оцінимо в 50 тисяч \$. Виготовлення дослідного зразка і його випробування - 50 тисяч \$. Модернізацію 30 тисяч турбінних витратомірів оцінимо в 900 тисяч \$, тоді загальні витрати оцінюються в 1 млн. \$.

Інвестор, який виявить бажання вкласти кошти в цей проект, буде пропонувати споживачам укладати договори на суму, яка знаходиться в діапазоні від 1 млн. \$ (це-собівартість, прибуток Інвестора нульова, Інвестору нецікаво) до 10 млн. \$ (прибуток Інвестора 9 млн. \$, але в цьому випадку Споживачеві ніхто не потрібен - він може вирішити задачу сам «революційним» шляхом).

Наведені розрахунки, дозволяють вважати розглянутий проект інвестиційно привабливим.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИХОДУ РУ НА ПОВТОРНУ КРИТИЧНІСТЬ ПРИ ПІДЖИВЛЕННІ ПГ ВІД МНУ ТА СТРАТЕГІЙ ПО ЇЇ ПОДОЛАННЮ

Аварія на АЕС «Фукусіма-1» призвела до необхідності її детальної оцінки та врахування уроків з метою унеможливлення виникнення аналогічної ситуації на інших енергоблоках. Виконані попередні оцінки показали, що сучасні проекти енергоблоків повністю готові до умов, що виникли в ході зазначеної аварії за рахунок наявності низки додаткових, порівняно із попередніми проектами, пасивних систем. В той же час проекти АЕС другого покоління, що були введені в експлуатацію паралельно із АЕС «Фукусіма-1» потребували додаткової оцінки на предмет їх стійкості до екстремальних природних впливів та їх комбінацій. У 2011 році для АЕС Європейського Союзу та України була виконана додаткова всестороння оцінка безпеки («стрес-тести») з визначенням заходів з підвищення стійкості енергоблоків в умовах запроектованих аварій (пост-фукусімських заходів).

Один із таких заходів полягає у комплектації енергоблоків України мобільними насосними установками з метою забезпечення можливості підживлення парогенератора в умовах довготривалого повного знеструмлення АЕС для організації відведення залишкових енерговиділень від активної зони. При впровадженні зазначеної модернізації було встановлено, що існує потенційна загроза виходу РУ на повторну критичність в результаті надмірного заохолодження активної зони [1].

Метою доповіді є представлення особливостей протікання аварійного процесу із повними знеструмленням енергоблоку [2] та втратою тепловідведення до кінцевого поглинача та аналіз особливостей протиаварійних стратегій з запобігання виникнення та подолання повторної критичності, а також визначення критичних функцій безпеки і можливих шляхів їх забезпечення [3].

Перелік посилань:

1. Ривненская АЭС. Энергоблоки №3,4. Предварительный отчет по анализу безопасности. Комплекс мероприятий в рамках стратегии управления аварией с длительным полным обесточиванием площадки АЭС и потерей отвода тепла к конечному поглотителю. 2015 р. 133-08-ОАБ-САБ.

2. Вышемирский М. П. Анализ подпитки парогенератора от мобильной насосной установки при полном обесточивании энергоблока с реакторной установкой ВВЭР-1000/В-320 / М. П. Вышемирский, О. И. Жабин, С. А. Остапчук // Ядерная та радіаційна безпека. – 2016. – № 4. – С. 25-31.

3. Ривненская АЭС. Энергоблок №3. Расчетно-аналитическое обоснование. Анализ возможности выхода РУ на повторную критичность при полном обесточивании и действиями ОП по восстановлению подпитки одного ПГ от МНУ. 133-07-РАО-САБ.

ПРОБЛЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РЕАКТОРІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

З початком ХХІ століття відновився і зростає інтерес до атомної енергетики, до збільшення її частки в загальному балансі енергії, що виробляється. Структуру основної частини атомної енергетики складають ядерні реактори ділення з водою під тиском. Важливими проблемами в атомній енергетиці є: звернення з відпрацьованим ядерним паливом, небезпека можливих аварій з викидом радіотоксичних елементів в біосферу, а також відносно низький ККД, який становить 31-34%. У той же час вдосконалені теплові електростанції на викопному паливі досягли рівня ККД 43-47%, а в розробляється в рамках ЄС енергоблоці розраховують отримати ККД 52-55%, використовуючи надкритичні параметри води і пара і проміжний перегрів після турбіни високого тиску.

Удосконалення реакторної техніки в 1990-х роках було направлено на збільшення безпеки експлуатації ядерних енергетичних реакторів. Важка аварія в Чорнобилі змусила переглянути технології забезпечення безпеки проєктованих і експлуатованих на АЕС ядерних енергетичних реакторів і перейти до використання пасивних систем безпеки. Пасивні системи безпеки функціонують в основному за рахунок природних сил і явищ (гравітації, природної конвекції, тиску, температури і т.д.) і дозволяють позбутися від обладнання, в роботі якого можливі відмови.

Пасивні системи знижують залежність безпеки ядерно-енергетичної установки від дій оператора під час переходу з одного режиму роботи на інший режим або при аваріях. Зникає необхідність в технічному обслуговуванні активних систем безпеки з огляду на їх відсутність. Реалізація цих принципів ще на етапі проєктування удосконалених ядерних реакторів дозволяє повністю усунути можливість виникнення розплаву активної зони і знизити ймовірність типових інцидентів. Цей принцип називають принципом «внутрішньо властивою безпеки», якщо цей підхід був закладений в основу проєкту.

Перелік посилань:

1. Арутюнян Р.В. и др. Авария на АЭС Фукусима-1. Опыт реагирования и уроки. ИБРАЭ РАН. — М. : Наука, 2013 г.
2. Стресс-тесты действующих АЭС в странах ЕС. – основные результаты. ГИЯР Украины. НАН. Украины. ГНТЦ ЯРБ.
4. Текущее состояние украинской квалификационной системы по сравнению с европейскими странами. U2.01/02/D03-T1.3-01-A, Ред 1 ноябрь, 2006 г.
5. 02.09.841.03.00 НАЕК Энергоатом: Программа по квалификации оборудования АЭС Украины.

ОБГРУНТУВАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ЗАХИСТУ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУХОГО СХОВИЩА ВИТРИМКИ ЯДЕРНОГО ПАЛИВА

Відпрацьоване ядерне паливо (ВЯП) – це надзвичайно небезпечна високорадіоактивна суміш ізотопів урану, плутонію, уламків поділу ядер трансуранових елементів і продуктів їх розпаду. Щорічне вивантаження ВЯП з атомних електростанцій (АЕС) у світі перевищує 10 тис. В Україні щорічно вивантажується з реакторів АЕС близько 560 відпрацьованих тепловиділяючих збірок (ВТВЗ) реакторів типу ВВЕР-1000 і близько 170 ВТВЗ з реакторів ВВЕР-440, що становить приблизно 265 т важкого металу.

Сьогодні у світі нагромадилося понад 260 тис. т ВЯП. Водночас, досі немає загально визнаної концепції поводження з ВЯП. Сучасні існуючі технології забезпечують лише два способи поводження з ВЯП: пряме поховання у стабільних геологічних формаціях (відкритий ядерно-паливний цикл), або переробка ВЯП з повторним використанням урану, плутонію та інших радіонуклідів і наступне поховання радіоактивних відходів (РАВ) (замкнений ядерно-паливний цикл).

ССВЯП ЗАЕС – єдине у світі сховище ВЯП відкритого типу, що розташоване на території АЕС. Воно розраховане на зберігання 380 контейнерів із 9120 відпрацьованими паливними збірками реакторів типу ВВЕР-1000. Згідно з проектом, сховище може прийняти відпрацьоване паливо ЗАЕС за весь період її експлуатації. При цьому тут буде зберігатися лише паливо з енергоблоків ЗАЕС, як це обумовлено у вимогах ліцензії (термін зберігання протягом 50 років – до часу його подальшого перероблення або захоронення).

Система вентиляваного контейнера зберігання (ВКЗ) -ВВЕР для сухого зберігання відпрацьованого ядерного палива ЗАЕС складається з чотирьох основних компонентів:

- багатомісний герметичний кошик (БГК)
- перевантажувальний контейнер (ПК)
- вентиляований бетонний контейнер (ВБК)
- допоміжні площі, системи та обладнання

Аналіз результатів введення в експлуатацію та експлуатації ССВЯП ЗАЕС показав що система ВКЗ-ВВЕР забезпечує функції, визначені проектом, і в стані забезпечити виконання критеріїв ядерної та радіаційної безпеки.

Результатами експлуатації підтверджено, що штатне транспортно-технологічне обладнання на блоках сумісно з обладнанням ССВЯП, а персонал ВП ЗАЕС має відповідну кваліфікацію по безпечному проведенню робіт із ВЯП.

За час експлуатації ССВЯП ЗАЕС у проект було внесено зміни, що в основному обумовлені технічними й економічними причинами. Частина цих змін була викликана необхідністю обліку як результатів введення в експлуатацію, так і досвідом використання прототипу контейнера ВКЗ-ВВЕР в США. До таких змін ставиться впровадження нових методів зварювання й заміна типу покриття БГК. Ці зміни дали змогу підвищити рівень безпеки ССВЯП, тому що виключили можливість появи тріщин на зварених з'єднаннях і виділення вибухонебезпечних кількостей водню.

Перелік посилань:

1. Система сухого хранения отработавшего ядерного топлива. Опытно-промышленная эксплуатация ВКХ- ВВЭР. Программа и методика испытаний. ОО.ОБ.УУ.ПМ.2993А.

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАРОГЕНЕРАТОРІВ ДЛЯ
РЕАКТОРУ ТИПУ ВВЕР ШЛЯХОМ РЕАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ
СХЕМИ ВІДМИВКИ ПГ З ПОДАЧЕЮ ВІДМИВОЧНОГО РОЗЧИНУ ПО
ТРУБОПРОВОДАХ ПЕРІОДИЧНОЇ ПРОДУВКИ**

Парогенератори (ПГ) відносяться до найбільш відповідального обладнання АЕС та від їх працездатності залежить ефективність роботи АЕС в цілому. За час експлуатації парогенераторів ПГВ-1000М мали місце пошкодження зварного з'єднання № 111. Одним з факторів, що негативно впливають на зварне з'єднання № 111, є корозія, викликана корозійно-активними відкладеннями в порожнинах «карманів» колекторів ПГ[1].

В проектній схемі хімічної відмивки ПГ розчин подається в корпус ПГ над ЗДЛ. Такий спосіб подачі відмивочного розчину не забезпечує якісної очистки «карманів» колекторів ПГ від накопичених в них відкладень. Для більш ефективного відмивання внутрішніх поверхонь ПГ по II-му контуру (в тому числі і «карманів» колекторів) від відкладень планується реалізація схеми відмивки ПГ з подачею відмивочного розчину по трубопроводах періодичної продувки безпосередньо в «кармани» колекторів і далі в корпус ПГ. Подача розчину в «кармани» колекторів забезпечується шляхом монтажу перемички між штатними трубопроводами відмивки ПГ і трубопроводами періодичної продувки з «карманів» колекторів ПГ, а також арматури на трубопроводах періодичної продувки з «карманів» колекторів ПГ[2].

В результаті проведення аналізу проектних рішень систем постійної та періодичної продувки ПГ, відмивки ПГ та конструктивних особливостей будівельних елементів було встановлено доцільність реалізації схеми подачі відмивочного розчину в «кармани» колекторів. При подачі відмивочного розчину безпосередньо в «кармани» і далі в об'єм ПГ, забезпечується ефективне розчинення відкладень в «карманах» і в об'ємі ПГ в цілому[2].

Перелік посилань:

1. Хмельницька АЕС. Енергоблок №1,2. Технічне рішення (концептуальне) щодо реалізації технологічної схеми відмивки ПГ з подачею відмивочного розчину по трубопроводах періодичної продувки.
2. №1.РЦ.0019.ТР-РУ. Хмельницька АЕС. Енергоблок №1. Технічне рішення щодо монтажу трубопроводів відмивки парогенераторів для можливості подачі відмивочного розчину по трубопроводах періодичної продувки.

ВИКОРИСТАННЯ ЗМІШАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА ДЛЯ АЕС УКРАЇНИ

Питання безпечного впровадження нових типів палива є актуальним для сучасного стану галузі. Важливим об'єктом аналізу є використання ТВЗ від різних постачальників в активній зоні – так звана змішана загрузка. Поводження тепловиділяючої збірки в змішаній загрузці активної зони повинне задовільнять умовам безпечної експлуатації РУ. Також повинний бути проведений розрахунковий аналіз цієї компоновки касет на предмет не перевищення проектної межі при номінальній роботі та в умовах аварійної ситуації.

Компанія ДП НАЕК «Енергоатом», заснована у жовтні 1996 року, являє собою оператора усіх діючих АЕС в Україні. Вона призначена для збільшення виробництва електроенергії на АЕС за умови постійного підвищення рівня безпеки. ДП НАЕК «Енергоатом» здобуває досвід експлуатації касет компанії «ТВЕЛ» та «Westinghouse» [1]. Встановлення в активну зону нових перспективних ТВЗ від різних виробників відбувається поступово. Впровадження нового ядерного палива можна розділити на декілька етапів: - проектування; - аналіз безпеки експлуатації; - експлуатація дослідних ТВЗ; - перехід в промислово експлуатацію.

Кожні з цих етапів довгострокові, так наприклад час експлуатації дослідних ТВЗ дорівнює повному строку служби ядерного палива в АкЗ – 4 роки. За цей термін ТВЗ повинна показати готовність її до промислової експлуатації. Перед використанням ядерного палива різних виробників у одній активній зоні, слід проаналізувати їх сумісність та провести розрахунок на неперевикнення границі безпечної експлуатації у різних режимах роботи. Важливим аспектом аналізу безпеки змішаного паливного завантаження є проведення теплогідравлічних розрахунків з метою підтвердження надійного охолодження ТВЗ за будь яких початкових умов, та показати неперевикнення максимальної проектної межі пошкодження твелів, а саме температури оболонки твела в разі спільного завантаження ТВЗА з ТВЗА-12 і ТВЗ-WR.

Саме конструкція ТВЗ-WR має ряд відмінностей від ТВЗА, а саме: - різна конструкція хвостовиків; - спосіб кріплення твела до каркасу ТВЗ; - різна конструкція дистанційної решітки; - жорсткістю каркасу ТВЗ. Для детального розрахунку вибираються аварії, найбільш несприятливі відносно критеріїв надійного охолодження ТВЗ [2]. Наслідками таких аварій може бути порушення цілісності оболонок твелів тобто фізичного бар'єра між теплоносієм першого контуру та ядерним паливом. До таких вихідних подій відносяться заклинювання ГЦН і двосторонній розрив ГЦТ.

Перелік посилань:

1. Шевченко І. А. Теплогідравлічний аналіз безпеки змішаних паливних завантажень для АЕС України з реакторами ВВЕР-1000/ І. А. Шевченко, Ю. Ю. Воробйов, А. В. Носовський, О. С. Погонєць // Ядерна та радіаційна безпека. — 2016. — № 2 (70). — С. 9—12.;
2. Некоторые вопросы обоснования безопасности смешанных топливных загрузок / Абдуллаев А. М., Байдуллин В. З., Марехин С. И., Слепцов С. Н., Кулиш Г. В., Milanova R., Burnett T., Sung Y., Rosenthal P., Seccer J. // 5 Международная научно-техническая конференция «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР», Подольск, Моск. обл., 29 мая-1 июня, 2007: Сборник трудов. Т. 3.— С. 207-213.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДЖИВЛЕННЯ І ОХОЛОДЖЕННЯ БАСЕЙНУ ВИТРИМКИ В УМОВАХ ТРИВАЛОГО ПОВНОГО ЗНЕСТРУМЛЕННЯ БЛОКУ №4 РАЕС

Особливості експлуатації АЕС з реакторами ВВЕР – 1000 є те що при повному знеструмленні порушується нормальна експлуатація і потрібно застосовувати додаткове обладнання. Для того щоб забезпечити надійну роботу енергоблоку. В такому випадку є система яка призначена для відведення залишкових тепловиділень відпрацьованого палива, що зберігається в басейні витримки (БВ), відведення тепловиділень палива, що надходить в басейн витримки в період повної ревізії головного циркуляційного контуру, в тому числі при аварійному вивантаженні палива з активної зони.[1].

Система розхолодження басейну витримки є системою нормальної експлуатації, і є важливою для безпеки. Система в частині трубопроводу аварійного підживлення басейну витримки є системою нормальної експлуатації, яка виконує захисні функції.

Басейн витримки призначений для тимчасового зберігання, не менше 3-х років, відпрацьованого ядерного палива, а також для витримки до допустимих значень залишкових тепловиділень відпрацьованих ТВЗ. При повному знеструмленні ВП РАЕС внаслідок втрати охолодження відпрацьованого ядерного палива в БВ при відмові системи розхолодження басейну витримки через деякий час відбувається закипання води у відсіках БВ, і починається оголення палива. Зростає температура оболонок ТВЕЛ і при відсутності подачі теплоносія в БВ починається пошкодження ТВЕЛ (досягається максимальна температура оболонки ТВЕЛ 1200 °С).

В такому випадку для запобігання порушенню максимальної проектної межі пошкодження оболонки ТВЕЛ ядерного палива в БВ необхідно, відновити підтримку рівня в БВ передбачено використання мобільних насосних установок МНУ з дизельним приводом змонтованих на двухвісному причепі[2].

В доповіді буде наведена інформація щодо проведення технічного аналізу аварійної ситуації в умовах тривалого повного знеструмлення і розглядання можливості щодо охолодження і підтримання рівня в басейні витримки шляхом вибору варіанту підживлення БВ. За допомогою додаткового обладнання, яке можливо забезпечить нормальну роботу, а саме доставку мобільної насосної установки для підживлення БВ, мобільної дизель-генераторної станції для підключення стаціонарного насосного обладнання або мобільні насосні установки для подачі охолоджуючої води до необхідних споживачів а також висвітлено шляхи їх подальшого доопрацювання.

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. – 254 с.
2. ОЦПБ-0.41.002.03. Дополнительная целевая переоценка безопасности энергоблоков ОП РАЭС с учетом уроков, извлеченных из аварии на АЭС Фукусима-1. КИЭП. Киев. 2011.

**АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ НАДІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ
ШРУ-А В УМОВАХ ВНУТРІШНІХ ТА ЗОВНІШНІХ ВПЛИВІВ**

На сьогоднішній день задля підвищення безпеки та надійності експлуатації АЕС розглядається керування протікань не тільки проектних, а й важких аварій також.

У відповідності до вимог НП 306.2.141-2008 для запроектних аварій в проекті АЕС повинні передбачуватися заходи по управлінню аваріями, якщо вони не виключені на основі внутрішніх властивостей самозахищеності реактора і принципів його конструкції.

Швидкодіючий пристрій скидання пари в атмосферу (ШРУ-А) призначений для регульованого скидання пари в атмосферу в режимі підтримки тиску в парогенераторі або підтримки швидкості розхолодження, а також для захисту 2-го контура від перевищення тиску в режимах порушення нормальної експлуатації і в аварійних режимах.[1]

На енергоблоках АЕС України встановлені ШРУ-А що не володіють рядом властивостей, направлених на зменшення наслідків запроектних аварій, а саме:

- проектом не підтверджена можливість стійкої роботи ШРУ-А на пароводяній суміші и воді при течах теплоносія першого контуру в другий і при аварійному розхолодженні;

- в проекті не атестовані засоби управління розхолодженням через ШРУ-А на основі внутрішньої самозахищеності, які забезпечували б примусове припинення аварійного розхолодження на ШРУ-А для попередження термоудару на корпус реактора.[2]

В доповіді сформована проблема, описана існуюча система, проаналізовані особливості режиму експлуатації та умови експлуатації. Також сформовані вимоги яким має відповідати обладнання.

Перелік посилань:

1. Инструкция по эксплуатации парогенераторов. 2.5,6.ПТ.РО.УВ.ИЭ.24.01.
2. Комплексна (зведена) програма підвищення рівня безпеки енергоблоків атомних електростанцій

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-71мн Трофименко О.Р.
Професор, д.т.н. Носовський А.В.

ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРАХУНКОВОГО КОДУ SERPENT ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПІДКРИТИЧНИХ ЯДЕРНИХ РЕАКТОРІВ КЕРОВАНИХ ЗОВНІШНІМ ДЖЕРЕЛОМ НЕЙТРОНІВ

Мета роботи: перевірка кодів і обчислювальних процедур, а також аналіз невизначеності результатів з ціллю сприяння подальшим дослідженням в області науково-дослідної та дослідно-конструкторської діяльності 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: змоделювати за допомогою Serpent [5] (далі SE) підкритичну систему Кіотського університету, відому як KUCA у співпраці з Kyoto University, Research Reactor Institute (KURRI), після чого 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 рівнями реактивності для трьох станів вказаної системи (CRIT, EXC, SUB), які визначаються положенням регулюючих стержнів [1][2][3].

Таблиця 1 — Різниця між розрахованою та експериментальною, а також між розрахованою у MC та розрахованою у SE реактивністю підкритичної системи.

Case		1.Excess Subcriticali		2.
		%DK/K	%DK/K	%DK/K
I-1	EXP-MC	-0.434	-0.515	-0.423
	EXP-KE	0.325	0.137	0.298
	EXP-SE	-0.537	-0.686	-0.511
	MC-SE	-0.103	-0.171	-0.088
I-2	EXP-MC	-0.386	-0.498	-0.386
	EXP-KE	-	-	0.332
	EXP-SE	-0.540	-0.645	-0.471
	MC-SE	-0.154	-0.147	-0.085
I-3	EXP-MC	-0.372	-0.503	-0.341
	EXP-KE	-	-	0.200
	EXP-SE	-0.491	-0.603	-0.487
	MC-SE	-0.119	-0.100	-0.146
I-4	EXP-MC	-0.417	-0.512	-0.419
	EXP-KE	-	-	0.249
	EXP-SE	-0.422	-0.687	-0.525
	MC-SE	-0.005	-0.175	-0.106

Пояснення до таблиці:

Результати розраховані за допомогою SE перевищують EXP на 0,4—0,7.

Результати розраховані за допомогою SE перевищують результати розраховані за допомогою MC на 0,005—0,2.

CASE I-1 — I-4 — конфігурації активної зони підкритичної системи KUCA [1].

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]. Режим доступу:

[<https://inis.iaea.org/search/searchsinglerecord.aspx?recordsFor=SingleRecord&RN=45110652>].

5. Leppänen, J., et al. (2015) "The Serpent Monte Carlo code: Status, development and applications in 2013." Ann. Nucl. Energy, 82 (2015) 142-150.

ОЦЕНКА НАЧАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ЗАКЛИНИВАНИИ ВАЛА ГЦН-195М

С точки зрения влияния на надежность элементов главного циркуляционного насоса одним из наиболее опасных процессов, которые могут возникнуть при эксплуатации, является заклинивание вала. При этом переходной процесс глобальной перестройки потока с перераспределением энергии длится до нескольких десятков миллисекунд. Конструкционно проточная часть ГЦН-195м выполнена таким образом, чтобы обеспечить проходимость потока в насосе для любой угловой ориентации рабочего колеса при условии целостности всех элементов. Для оценки амплитуды повышения давления объема жидкости, а также распределения поля давления для дальнейшего CFD анализа была разработана модель проточной части ГЦН-195М. Расчетная модель состоит из жидкостного пространства рабочего колеса и улитки, а также входного и выходного трубопроводов (рис. 1а). Гипотетически при условии частичного перекрытия проходного сечения проточной части межлопаточного пространства либо отводящего патрубка при заклинивании вала ГЦН может наблюдаться неполный гидравлический удар максимальной амплитудой приблизительно в 1 МПа [1]. К тому же после заклинивания ГЦН в целом падает среднее статическое давление в проточной части насоса из-за кратковременного повышения абсолютной скорости в момент, когда угловая скорость стремится к нулю. На сегодняшний день не зафиксировано ни одного случая наличия гидравлических ударов в проточной части ГЦН [1].

Моделируемые процессы динамического воздействия потока жидкости на стенку, в особенности при перестроении потока, требуют учета сжимаемости среды, которая определяется моделью Макдональда-Тейта. Во многом достоверность оценки динамического воздействия зависит от того, насколько близко расчетная модель повторяет гидравлические характеристики насоса (рис. 1б). Процесс заклинивания вала ГЦН рассматривался как переходной режим, с мгновенным падением угловой скорости при начальных условиях, соответствующих выбранной рабочей точке напорной характеристики.

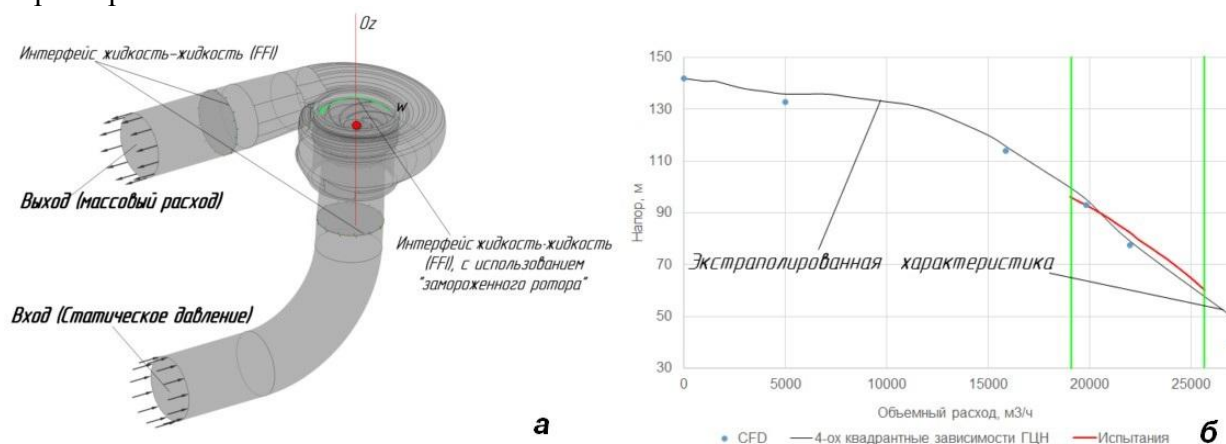


Рис. 1 – а – общий вид расчетной модели, б – напорная характеристика ГЦН

Перелік посилань:

1. Безруков Ю.А., Анализ возможности гидроударов в первом контуре реакторов ВВЭР / Ю.А. Безруков, Е.А. Лисенков, А.В. Селезнев - ОАО ОКБ «Гидропресс», г. Подольск, Россия.

Магістрант 2 курсу, гр. ТЯ-61м Філонов В.В.; магістрант 2 курсу, гр. ТЯ-61м Філонова Ю.С.
Зав.від. р.м., к.т.н. Дубик Я.Р.

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ПРИ ОБРЫВЕ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ПЕТЛИ ВВЭР-1000

Теплогидравлический анализ истечения теплоносителя в пространство герметичной оболочки при максимально проектной аварии имеет ряд неопределенностей [1]:

- Запирающее давление истечения теплоносителя;
- Образование паровой пробки;
- Влияние двухфазной среды на распространение ударной волны давления;
- Влияние работающих ГЦН в случае перестройки потока при отрицательном градиенте;

Разработанная модель реактора есть первым приближением в анализе отклика на разрыв циркуляционной петли в трехмерной постановке. Расчетная модель содержит лишь пространство теплоносителя, что при анализе переходного процесса есть достаточным при изотермической постановке. С целью экономии вычислительных ресурсов геометрия активной зоны (включая головки и хвостовики) представлена упрощенно. Также дополнительно была упрощена геометрия стаканов ТВС и блока защитных труб. При этом максимально точно повторена геометрия перфорации в блоке защитных труб и в камере смешения. В то же время отверстия в стаканах ТВС не учитывались и были заменены эквивалентной геометрией, перепад давления на которой близок к перепаду в стакане с перфорацией (рис. 1 - а). Дополнительно исключались области внезапного расширения при байпасе теплоносителя через выгородку в зонах ее контакта с граненым поясом. Это обстоятельство существенно улучшает конвергенцию, но требует дополнительной информации для профилирования расходов. Для формирования граничных и начальных условий при разрыве ГЦТ разработана дополнительная процедура. Расчеты проводились в изотермической постановке, с использованием модели сжимаемости Макдональда-Тейта. Модель тестировалась на гидравлическое соответствие при работе реактора на номинальных параметрах (рис. 1 - б, в). Полученные результаты при оценке переходного режима в дальнейшем использованы для оценки динамических воздействий на шахту ВВЭР-1000.

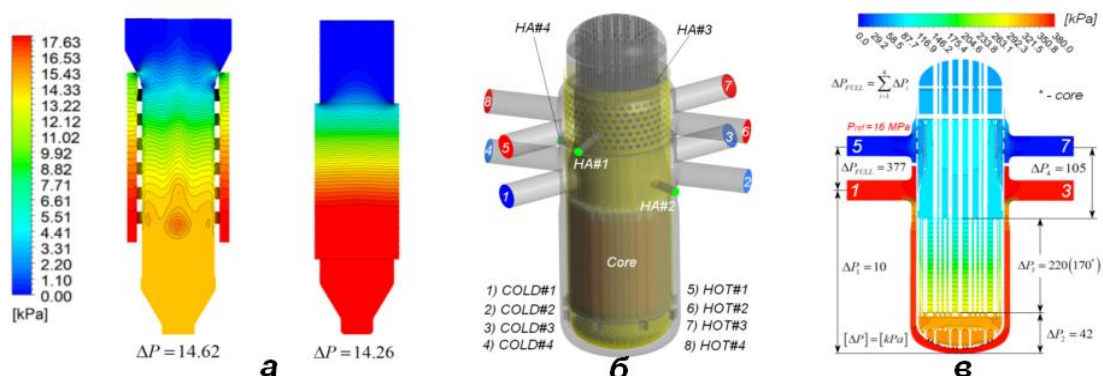


Рис. 1 - а – перепад давления в стаканах, б – общий вид расчетной модели, в – расчетный перепад давления в стационарном режиме при номинальных параметрах

Перелік посилань:

1. D. Bestion, “Applicability of two-phase CFD to nuclear reactor thermalhydraulics and elaboration of Best Practice Guidelines”, Intern. J. Nuclear Engineering and Design 253 (2012): pp 311-321. DOI 10.1016/j.nucengdes.2011.08.068

CFD МОДЕЛЬ ОХЛАЖДЕНИЯ ВЫГОРОДКИ ВВЭР-1000 ДЛЯ ОЦЕНКИ РАСПУХАНИЯ

Распухание внутрикорпусных устройств (ВКУ) является одним из основных лимитирующих факторов при продлении сроков эксплуатации реакторных установок типа ВВЭР. Модели распухания материалов под действием облучения очень чувствительны к распределению температуры в металле [1], в особенности к градиентам температуры. Следовательно, необходимым есть проведение уточняющего теплогидравлического анализа охлаждения металла выгородки.

Предварительно была проведена аналитическая оценка, которая позволила сформулировать замещающие граничные условия и упростить CFD-модель. Реальная геометрия охлаждающих каналов в ВКУ была заменена эквивалентной, активная зона представлена в виде пористого тела. Модель имеет 60-ти градусную симметрию, включает в себя активную зону, выгородку и шахту, ограниченные высотой выгородки (Рис. 1 – а). Активная зона упрощенно учтена как гомогенное тело с учетом пространственного объемного энерговыделения. Выгородка представлена монолитным телом с учетом тепловыделения за счет гамма-излучения. Также модель включает упрощенную геометрию соединительных шпилек включая охлаждающее течение теплоносителя через проточки в гайках.

Расчет соответствует работе реакторной установки на номинальном уровне мощности. Результаты расчета (Рис. 1 – б) показывают, что наиболее теплонапряженное сечение находится на высоте 3.1 м от нижнего торца выгородки. Полученная максимальная температуры в выгородке составляет 364.8 °С.

Полученное температурное поле в металле выгородке было использовано при расчете её распухания.

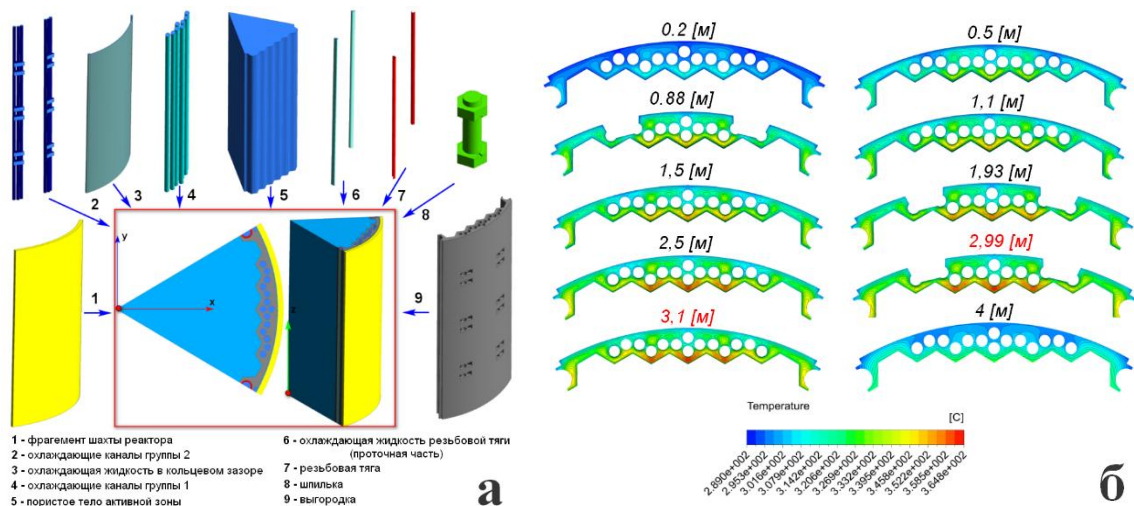


Рисунок 1. а – общий вид геометрии расчетной модели, б – распределение температурного поля в сечениях выгородки.

Перелік посилань:

1. IAEA VERLIFE: Unified Procedure for Lifetime Assessment of Components and Piping in WWER NPPs during Operation, 2013.

УДК 621.039.5: 536.24

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-72мп Філонюк А.К.
Проф., д.т.н. Носовський А.В.

**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛО ГІДРАВЛІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
КАНАЛАХ РЕАКТОРА ВВЕР-1000 ВІДПОВІДНО ДО УМОВ РОЗВИТКУ АВАРІЇ
«ВИХІД З ЛАДУ МЕХ. УЩІЛЬНЕННЯ ВАЛУ ГЦН»**

Забезпечення безпечної експлуатації АЕС є однією з найважливіших проблем сучасної енергетики. Виникнення аварійної ситуації та можливі її наслідки значною мірою визначаються закономірностями нестационарних тепло гідравлічних процесів, що протікають в елементах теплоенергетичного устаткування. Звідси випливає, що необхідно достовірне передбачення змін основних параметрів в елементах теплоенергетичного обладнання. Вирішення цього завдання вимагає опису кількісних характеристик нестационарних тепло гідравлічних процесів в елементах теплоенергетичного устаткування під час розвитку аварій.

За аварію було взято вихід з ладу механічного ущільнення валу ГЦН, так як аварії пов'язані зі зменшенням витрати теплоносія через активну зону реактора мають найбільший вплив на зміну тепло гідравлічних процесів в каналах ядерних реакторів [2].

Механізми нестационарних процесів в каналах значною мірою визначаються режимами течії двофазної суміші, недогрівом рідини до температури насичення та густиною теплового потоку. Між всіма режимами течії не має різких границь. В зв'язку з цим при інтерпретації даних та формі опису їх рівняннями виникають труднощі, так як не враховуються різні властивості багатомірних моделей тепло гідравлічних процесів [1].

При розвитку аварії раптово припиняється подача теплоносія через активну зону. Це спричиняє підвищення параметрів першого та другого контуру. При цьому в каналах буде спостерігатись явище кризи теплообміну при кипінні, яке являється дуже небезпечним по ряду причин, а саме підвищення температури поверхні вище допустимої, виникнення відкладень в зоні кризи, та температурні зусилля що спричиняють руйнування [3].

Отже для вивчення процесів теплообміну та гідродинаміки в каналах реактору під час розвитку аварії нам необхідно розробити адекватну математичну модель задля використання її в промислових цілях.

Перелік посилань:

1. Толубинский В.И. Теплообмен при кипении. Киев. Наук. Думка. 1980. 316с.
2. Будов В.М. Насосы АЭС. Учебное пособие для вузов. Москва: Энергоатомиздат, 1986. стр. 286.
3. Емельянов И.Я. Управление и безопасность ядерных энергетических установок / И.Я. Емельянов, П.А. Гаврилов, Б.Н. Селиверстов. М.: Атомиздат, 1975. 280 с.

ВПРОВАДЖЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ "ТЕЧА ПЕРЕД РУЙНУВАННЯМ" ДЛЯ ГЦТ ПЕРШОГО КОНТУРУ ЕНЕРГОБЛОКІВ ВП"ЗАЕС".

РУ ВВЕР-1000 «великої» серії проектувалися в кінці 70-х років і повністю задовільняли діючій на той момент нормативно-технічній документації та вимогам безпечної експлуатації. В якості максимальної проектної аварії при обґрунтуванні безпеки приймалися постульовані розриви трубопроводів аж до розривів ГЦТ. Системи безпеки РУ ВВЕР-1000 (В-320) проектувалися таким чином, щоб протистояти максимальній проектній аварії, наприклад, за рахунок установки на трубопроводах 1-го контуру великого діаметра (ГЦТ, дихальний трубопровід системи КД, трубопроводи САОЗ НД) масивних аварійних опорних обмежувачів в якості заходів щодо захисту від механічних навантажень при розривах трубопроводів. Призначення таких опор-обмежувачів - перешкоджання руху розірваних трубопроводів під дією реактивних зусиль і поглинання їх кінетичної енергії.

Важливо відзначити, що аварійні опори-обмежувачі призначені, перш за все, для виконання своїх функцій в умовах аварійної ситуації, в той час як Концепція «Теча перед руйнуванням» (ТПР) спрямована на зниження ймовірності її виникнення. Концепція ТПР введена як засіб часткового пом'якшення вимог, що стосуються двостороннього гільйотинного руйнування трубопроводів (ДГРТ).

Метою реалізації Концепції ТПР є зниження ймовірності порушення цілісності третього бар'єру глибокоешелонованого захисту за рахунок раннього виявлення течі через наскрізний дефект в металі трубопроводу системами діагностики та своєчасного вжиття заходів щодо запобігання аварії.

Методологія Концепції ТПР використовується для доказу того факту, що в системах трубопроводів з високою енергією теплоносія 1-го контуру течія буде надійно виявлена значно раніше будь-якого нестабільного зростання тріщиноподібного дефекту, тобто задовго до двостороннього гільйотинного розриву або протяжного осьового руйнування. Таким чином, суть Концепції ТПР полягає в тому, що довжина тріщини є меншою, ніж довжина критичної тріщини, для якої може статися нестабільне руйнування.

Обґрунтування застосовності і реалізація Концепції ТПР на енергоблоках ВП «ЗАЕС» дозволить підвищити його безпеку шляхом:

- більш якісного і обґрунтованого контролю протікань теплоносія 1-го контуру і контролю стану металу;
- істотного зниження ймовірності аварій із середніми та великими течами, що призведе до зниження ЧПАЗ і ЧГАВ;
- зменшення дозових навантажень обслуговуючого персоналу при проведенні ППР і ліквідації наслідків аварії з течами теплоносія 1-го контуру.

Перелік посилань:

1. РК-Д 0.41.505-10 Керівництво по застосуванню концепції «теча перед руйнуванням» на АЕС. Введено в дію наказом ДП НАЕК «Енергоатом» №1087-р від 23.12.10.
2. РД 95 10547-99. Керівництво по застосуванню концепції безпеки «Теча перед руйнуванням» до трубопроводів АЕУ: Р-ТПР-01-99. Москва. 1999 р.

АНАЛІЗ СПЕЦИФІКИ ЗБЕРІГАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНОВОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА СУХОГО ТИПУ ДЛЯ АЕС УКРАЇНИ

Метою даної роботи є представлення основних рішень по сховищу відпрацьованого ядерного палива з технологією сухого зберігання протягом 100 років відпрацьованої тепловиділяючої збірки АЕС України з реакторами ВВЕР. [1]

В якості основних технічних рішень розглянуті: [2]

- рішення по технології поводження з відпрацьованою тепловиділяючою збіркою від прибуття на сховище відпрацьованого ядерного палива ВВЕР до установки на довгострокове зберігання;
- рішення по організації контролю та управління сховищем відпрацьованого ядерного палива ВВЕР, включаючи радіаційний контроль і облік ядерного матеріалу;
- рішення по організації електропостачання споживачів сховища відпрацьованого ядерного палива;
- рішення по організації водопостачання і каналізації;
- рішення по організації опалення та вентиляції будівель і споруд;
- рішення по організації поводження з рідкими і твердими радіоактивними відходами;
- рішення по організації фізичного захисту сховища відпрацьованого ядерного палива ВВЕР;
- проектні критерії та основні рішення по архітектурно-будівельної частини;
- основні рішення по забезпеченню пожежної та загально безпеки;
- основні положення по організації експлуатації сховища відпрацьованого ядерного палива, включаючи штати і експлуатаційну готовність;
- основні положення щодо зняття з експлуатації сховища відпрацьованого ядерного палива ВВЕР.

В якості аналогової технології, виходячи з наявності достатніх вихідних даних, розглядається технологія, що включає: [3]

- транспортування відпрацьованого ядерного палива в сховища відпрацьованого ядерного палива існуючими транспортними контейнерами ТК 13 і ТК-6 з використанням існуючого залізничного складу;
- перевантаження відпрацьованого ядерного палива з транспортних контейнерів в пенали для зберігання в межах сховища відпрацьованого ядерного палива ВВЕР в гарячих камерах;
- зберігання відпрацьована тепловиділяюча збірка.

Результатом науково-дослідницького проекту є підтвердження надійності даного методу щодо зберігання відпрацьованого ядерного палива, та висвітлення переваг такого методу.

Перелік посилань:

1. ОСТ 95 745-87 Общие требования к поставке отработавших тепловыделяющих сборок ядерных реакторов энергетических установок.
2. НП 306.4.06.050-2001 Правила ядерной и радиационной безопасности при перевозке радиоактивных материалов, 2001,ГКЯРУ.
3. Правила безопасности при хранении и транспортировке ядерного топлива на объектах атомной энергетики. ПНАЭ Г-14-029-91, 1992, ЦНИИАтоминформ,1992.- 34с.

АНАЛІЗ ЗАХОДІВ ЩОДО МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМ РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ АЕС

Безпека АС повинна передбачати сукупність технічних і організаційних заходів щодо запобігання порушення технологічних процесів на АС, яке може привести до непередбачених технологією виділенню радіоактивних продуктів за межі встановлених бар'єрів, а також технічних заходів щодо зниження можливих радіаційних наслідків подібних порушень.

Об'єктами радіаційного контролю є внутрішньоблокові джерела радіоактивних випромінювань і джерела надходження радіонуклідів в навколишнє середовище. Основним джерелом радіоактивності на АС є теплоносій першого контуру. Значний внесок у сумарну активність теплоносія вноситься за рахунок проникнення з ТВЕЛ продуктів поділу ядер урану.

Контроль радіаційних параметрів, важливих для безпеки АС, повинен здійснюватися як у всіх режимах нормальної експлуатації АС, так і у всіх аварійних режимах, включаючи проектні та запроектовані аварії, а також стан АС при припиненні експлуатації.[1]

В даний час на енергоблоках функціонують автоматизовані системи радіаційного контролю. Існуючі системи АСРК є дворівневі ієрархічні системи.

Був проведений аналіз систем СРК який показав що у них є ряд недоліків:

- закінчення терміну служби апаратури
- низька стійкість до впливу зовнішніх факторів;
- сприйнятливість до змін параметрів електроживлення і електромагнітних полів;
- відсутність можливості автоматичної діагностики систем;
- відсутність захисту від несанкціонованого доступу.

І отже існує необхідність проведення модифікації

В роботі запропоновано проводити модифікацію в два етапи. Перший етап - заміна апаратури АКРБ-03, другий етап - розширення функцій систем радіаційного контролю відповідно до НТД. Результатом виконання цих робіт має стати приведення СРК в повну відповідність до вимог і положень чинних нормативних документів.[2]

Перелік посилань:

1. Запорізька АЕС. Енергоблок №4. Звіт з аналізу безпеки щодо реконструкції системи радіаційного контролю
2. Комплексна (зведена) програма підвищення рівня безпеки енергоблоків атомних електростанцій, затверджена Постановою КМУ від 07.12.2011 № 1270

ВИЗНАЧЕННЯ КОНСЕРВАТИВНИХ ПРИПУЩЕНЬ ПРИ ОБГРУНТУВАННІ ЯДЕРНОЇ БЕЗПЕКИ СИСТЕМ ЗБЕРІГАННЯ ВІДПРАЦОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА

Як тільки розпочинається проектування атомної електростанції постає питання щодо поводження з відпрацьованим ядерним паливом. В Україні використовується незамкнений цикл поводження з відпрацьованим ядерним паливом (ВЯП), а саме метод відкладеного рішення.

Відкладене рішення - передбачає довгострокове зберігання ВЯП, що дає можливість прийняти рішення про подальше поводження з ВЯП, беручи до уваги майбутні технології і економічні чинники [1]. Шлях відкладеного рішення обрали такі країни як Аргентина, Данія, Іспанія, Канада, Литва, Німеччина, Норвегія, Південна Корея, Польща, Словаччина, Угорщина, Чехія, Хорватія;

В основі проекту - технологія сухого вентилязованого контейнера зберігання відпрацьованих тепловиділяючих збірок у вертикальному положенні. Метод сухого зберігання практичний, оскільки при зберіганні відпрацьованих тепловиділяючих збірок в басейні витримки впродовж не менше 5 років залишкове енерговиділення та радіоактивність значно зменшуються. Таке паливо можна безпечно зберігати на майданчику АЕС сухим способом в сухому вентилязованому контейнері, який забезпечує ефективне зняття тепла з ВТВЗ та достатню біологічну захист від радіаційного впливу на персонал АЕС, населення і навколишнє середовище. Загальний принцип контейнерного зберігання ВЯП полягає в тому, що наше відпрацьоване паливо зберігається в герметичних металевих кошиках, заповнених інертним газом, зазвичай гелієм, а самі кошики розташовуються в корпусі захисного контейнера. Міцна конструкція корпусу контейнера служить в якості радіаційного захисту, а також запобігає пошкодженню металевій кошика. Тепловідведення здійснюється за рахунок природної конвекції навколишнього повітря [2].

Проте, як показав аналіз ядерної безпеки основних систем поводження з відпрацьованим паливом, не всі вони задовольняють вимогам нормативних документів. Подібну невідповідність не слід розглядати тільки як недоліки систем. Значною мірою це наслідок надлишкового консерватизму, закладеного в нормативних вимогах, який, в свою чергу, є наслідком недостатнього розвитку засобів моделювання процесів у ядерному паливі, може бути значно зменшений за рахунок більш точного моделювання паливних систем без зниження рівня ядерної безпеки цих систем.

Метою роботи є отримання результату уточненого розрахунку ефективного коефіцієнта розмноження для палива у ВЯП з найжорсткішими вхідними даними.

Перелік посилань:

1. Білодід Є.І. Аналіз ядерної безпеки систем зберігання ядерного палива українських АЕС з реакторами ВВЕР // Зб. наук. праць СНУЯЕтаП. — 2010. — №4(36) — С.14 – 23.
2. ОБРАЩЕНИЕ С ОЯТ РЕАКТОРОВ ТИПА ВВЭР [Електронний ресурс] / 1 – Режим доступу до ресурсу: <http://uatom.org/index.php/ru/ekspluatatsyya-shoyat-na-zaporozhskoj-aes/>.

СИСТЕМА ПАСИВНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА З ЗАСТОСУВАННЯМ ДВОФАЗНИХ ТЕРМОСИФОНІВ

Мета роботи полягає у визначенні ефективного функціонування установок систем пасивного охолодження, які працюють на основі двофазних термосифонів, котрі в свою чергу повинні забезпечувати за рахунок тривалого відведення залишкових тепловиділень від відпрацьованого ядерного палива при виникненні аварій або відмові обладнання, яке відповідає за безпечне зберігання та охолодження ВЯП в басейнах витримки.

Надійна та безпечна робота блоків АЕС в першу чергу є найголовнішою умовою сьогодення, а також майбутнього ядерної галузі. Будь-яка аварія, навіть незначна за наслідками може сприяти винесенню остаточного вироку для атомної енергетики, а Україні створити імідж держави, яка не здатна безпечно використовувати сучасні технології. Що в свою чергу призведе до значного скорочення енергетичної можливості, а в кінцевому результаті ще й для економічної та політичної незалежності нашої країни. Спеціалісти передбачають, що основою ядерної енергетики найближчого майбутнього, буде застосування реакторних установок нових поколінь на базі водо-водяних енергетичних реакторів (ВВЕР), які тривалий час експлуатуються в нашій державі і показують достатньо хороші експлуатаційні характеристики та високий рівень безпеки у порівнянні з іншими типами реакторних установок.

Ядерне паливо, на основі якого працюють водо-водяні енергетичні реактори через певний час експлуатації в активній зоні реактора вигорає і замінюється свіжим за рахунок переважання активної зони, а ВЯП завантажується в басейни витримки для подальшого охолодження за рахунок циркуляції води. На даний час для відведення залишкової теплоти ВЯП розробляють та впроваджують нові технології, які являються більш надійними та ефективними ніж їхні попередники. Однією з таких технологій є пасивні теплообмінні системи, які працюють на основі двофазних термосифонів.

Двофазні термосифони являються одним із різновидів ефективних автономних теплопередаючих пристроїв. Вони представляють собою трубку, яка може бути виконана з різних матеріалів (мідь, сталь, скло та інші) в середині якої знаходиться теплоносій, який теж вибирається в залежності від того, в якому середовищі та при яких параметрах буде використовуватись термосифон. Він розділяється на три зони: зона нагріву (випарник), зона транспорту, зона конденсації(конденсатор) [1].

Цей розподіл можна назвати умовним, так як перенесення рідини і пари відбувається у всіх зонах. Крім того, в деяких випадках можна знехтувати довжиною зони транспортування у порівнянні з довжинами випарника та конденсатора.

Дана робота актуальна і обрана через події, які відбулись на АЕС «Фукусіма-1», коли через виникнення потужного землетрусу відбулося знеструмлення та вийшли із ладу аварійні дизель-генератори, що призвело до відмови системи охолодження БВ і в результаті виникла аварія з викидом радіоактивних речовин [2].

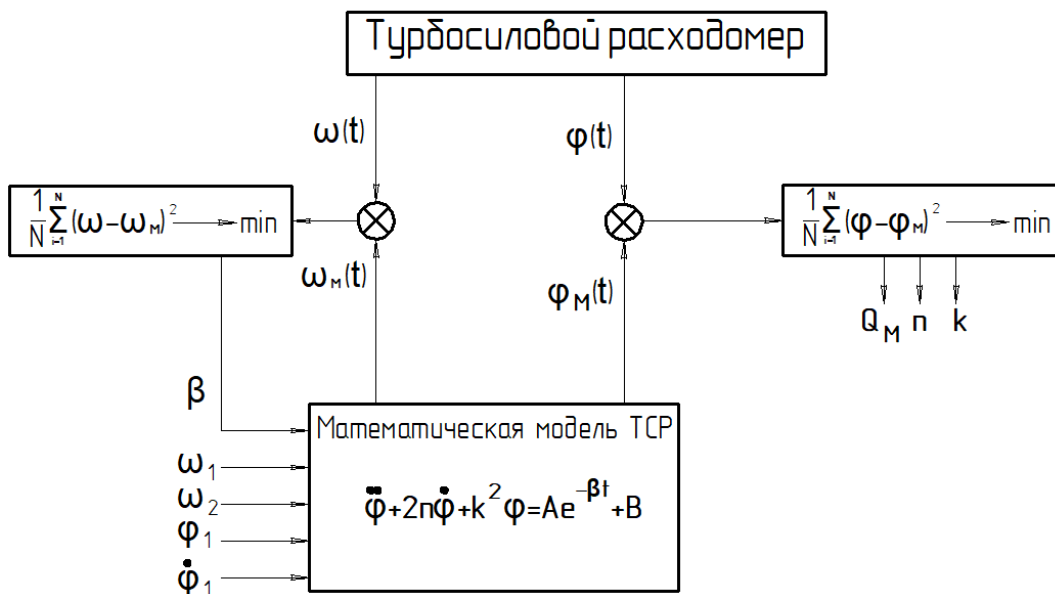
Перелік посилань:

1. Безродний М.К. Процеси переносу в двофазних термосифонних системах /М.К. Безродний, І.Л. Піоро, Т.О. Костюк. Теорія і практика – 2-е видання доповнене і перероблене. – Київ: Факт, 2005. – 704с.
2. Свириденко І.І. СПОТ басейна витримки ВЯП / І.І. Свириденко, Д.В. Шевелєв, Н.І. Власенко / Безпечність, ефективність і економіка АЕ: Тез. доп. 8-й Міжн. науково-техн. конф. 23-25 травня 2012. – М.: ОАО «Росенергоатом», 2012. – С. 234-235

АЛГОРИТМІЧНИЙ МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТУРБОСИЛОВОГО ВИТРАТОМІРА

Серед великого різноманіття витратомірів особливе місце займає незаслужено забутий нині турбосилової витратомір. Це - один з перших приладів вимірювання витрати. Величина, яку він вимірює є маса, що в сучасних умовах переходу на облік енергетичної цінності продукту є суттєвою перевагою. Основними причинами похибки приладу є наявність неконтрольованого моменту тертя в підвісі чутливого елемента і нестабільність пружних властивостей пружини. Кілька модифікацій турбосилового витратоміра, які прагнули усунути цей негатив шляхом конструктивних змін, кардинально на ситуацію не вплинули.

Автори пропонують вирішити задачу алгоритмічно: усунути помилку від наявності моменту тертя шляхом аналізу показань відлікового пристрою при двох фіксованих постійних значеннях кутової швидкості обертання силової турбіни, а похибку, породжену нестабільністю пружини, - шляхом аналізу руху індикаторної турбіни в процесі переходу від одного значення кутової швидкості обертання силової турбіни до іншого.



З метою зменшення кількості невідомих пропонується вимірювати закон зміни кутової швидкості обертання силової турбіни від часу в перехідному режимі і, застосувавши метод найменших квадратів, визначити найбільш правильну оцінку параметра β . Решта три параметра: масова витрата Q_m , відносний коефіцієнт загасання коливань n і частоту незатухаючих коливань k індикаторної турбіни знаходимо, ідентифікуючи вказані параметри на основі спостереження залежності кута її повороту від часу.

Схема, що реалізує даний підхід, зображена на малюнку.

Магістрант 6 курсу, гр. ТЯ-61м Яценко М.В.
Проф., д.т.н. Носовський А.В.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕБИГУ ЗАПРОЕКТНОЇ АВАРІЇ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ВЯП HI-STAR

Одним із головних напрямків розвитку атомної енергетики України, з точки зору забезпечення енергетичної безпеки, є будівництво Централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива для реакторів ВВЕР (ЦСВЯП). 6 липня 2017 року НАЕК «Енергоатом» отримав ліцензію Державної інспекції ядерного регулювання України на право провадження діяльності на етапах життєвого циклу «будівництво та введення в експлуатацію ядерної установки» для даного об'єкту. Для зберігання буде використана технологія компанії HOLTTEC International – система з трьох контейнерів: перевантажувальний HI-TRAC, транспортний HI-STAR і модуль зберігання HI-STORM. Основним елементом технології буде БЦК – сталева каністра з двох обичайок, в якій буде розташовуватися паливний кошик, виконаний з композитного борвмісного матеріалу.

Відпрацьоване паливо з АЕС буде транспортуватися за допомогою контейнера HI-STAR. Контейнер представляє собою зварну конструкцію з трьох обичайок, з шарами свинцю та нейтронного захисту між ними. Транспортується HI-STAR залізницею, за допомогою спеціальної платформи, додатково укомплектований захисними демпфуючими пристроями та спеціальним екраном. Оскільки транспортування буде здійснюватись через мережі залізниць загального користування, а час транспортування вимірюється десятками годин, забезпечення безпеки персоналу та навколишнього середовища при перевезенні ВЯП є ключовою задачею. Згідно з нормативними документами МАГАТЕ, транспортний контейнер для перевезення відпрацьованого ядерного палива повинен забезпечувати безпеку при пожежі протягом 30 хвилин з температурою полум'я 800°C. Але, оскільки, в історії перевезень довготривалі пожежі також мали місце, задля забезпечення безпеки додатково варто так само розглянути процес протікання запроектованої аварії – події, при якій пожежа триватиме більш ніж 30 хвилин [2].

На основі сформульованих мети та завдання дослідження було проведено теплогідравлічний розрахунок за допомогою кінцево-елементного коду ANSYS Fluent, метою якого було отримання температур елементів контейнера. Була побудована тривимірна модель за допомогою ANSYS Mechanical, задані початкові та граничні умови. По закінченню всіх розрахунків були отримані температури БЦК, обичайок HI-STAR. Зроблений висновок про те що ТПК продовжує виконувати функції підкритичності та локалізації ВЯП. По факту відмови гамма та нейтронного захисту зроблений висновок щодо необхідності додаткових досліджень.

Перелік посилань:

1. 1. Regulations for the safe transport of radioactive material: specific safety requirements. — 2012 edition. — Vienna: International Atomic Energy Agency, 2012.
2. “Investigation into the Derailment of CSX Train L41216 in Howard Street Tunnel, Baltimore, Maryland” National Transportation Safety Board Advisory, Washington, D.C. (Aug. 7, 2001).

студент 4 курсу, гр. ТЯ-42 Яцюк О.А.
Асистент., к.т.н. Хоменков В.П.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАМІНИ ТВЗ РОСІЙСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА НА ТВЗ АМЕРИКАНСЬКОЇ КОМПАНІЇ "WESTINGHOUSE"

Завдання диверсифікації стосується постачання ядерного палива – з огляду, насамперед, на 100% залежність від постачань свіжого палива з Росії. З кінця 2014 року це ще підкріпилося погіршенням відносин з даною країною. Тому керівництвом ДП «НАЕК «Енергоатом» було прийнято рішення – знайти більш надійного постачальника ядерного палива. Таким виявилася американська компанія «Westinghouse Electric» 1886 року заснування. На сьогоднішній день - це важливе питання для енергетики України, тому дана тема є актуальною.

З 2014 року на АЕС України за відповідним погодженням з Держатомрегулювання постачаються ТВЗ-WR. 30.12.2014 компанією «Westinghouse» та ДП «НАЕК «Енергоатом» підписано Доповнення № 13 до Контракту на постачання ядерного палива виробництва компанії «Westinghouse» (ТВЗ-WR) на період до 2020 року.[1]

На цей час нові ТВЗ експлуатуються в активних зонах ЮУАЕС та ЗАЕС. В даній роботі пропонується розгляд зміни конструкцій даних ТВЗ, а також оцінка впливу на поведінку активної зони під час експлуатації.

Особливості конструкції ТВЗ-А:[2]

- впровадження силового каркасу;
- оптимізована конструкція ДР;
- однотипні конструкційні матеріали (сплав цирконію) в активній зоні .;
- наявність вигоряючого поглинача (оксиду гадолінію), інтегрованого в паливо;
- головка ТВЗ кріпиться за допомогою гайок.

Особливості конструкції ТВЗ-W:[2]

- Дистанційна решітка: 13 цирконієвих і 3 сталевих;
- Паливні таблетки без центрального отвору;
- Підвищено гідравлічний опір.

Результати першої експлуатації ТВЗ-W дозволили удосконалити модифікацію до ТВЗ-WR, що включає такі зміни:

- на головку додані 6 направляючих пластин (для виключення зачеплення з хвостовиком сусідній ТВЗ при завантаженні в активну зону.);
- на дистанційних решітках модифіковані пелюстки і виконані через кожен ТВЕЛ;
- на хвостовику додані конусні скоси на всіх гранях.

Поведінка експлуатації змішаної активної зони показала, що в стаціонарних режимах нормальної експлуатації забезпечується виконання критеріїв охолодження твелів і твегів в ТВЗ, є значний запас до кризи тепловіддачі в найбільш теплонапружених каналах ТВЗ. Паливо компанії “Westinghouse” дає хороші показники роботи, тому в найближчий час здійснюватиметься повна заміна палива у користь американської компанії. Основною проблемою залишається утилізація відпрацьованих ТВЗ.

Перелік посилань:

1. Стан впровадження ядерного палива нових модифікацій: стаття. URL: <http://www.energoatom.kiev.ua/ua/actvts/implementation/> (дата звернення 22.02.2018)
2. Тепловыделяющая сборка ВВЭР-1000 (ТВС, ТВС-М, ТВС-А, ТВС-В), ООО "АТР", 0055-4.011/10, редакция 1, 2003-245 с

УДК 621.43.056:632.15

Магістрант 5 курсу, гр. ТЯ-71мп Сидорук А.Л.
Ас. Овдієнко Ю.М.

АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМИ ПІДЖИВЛЕННЯ-ПРОДУВКИ І БОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ВВЕР-1000 З УРАХУВАННЯМ НАЯВНИХ ПЕРЕТОКІВ ТЕПЛОНОСІЯ

При роботі реактору ВВЕР-1000 мають місце неорганізовані протічки теплоносія першого контуру. Також теплоносієм відбирається для очищення від газів, що не конденсуються, та інших домішок(продувка). Для компенсації цих втрат теплоносія відбувається підживлення 1 контуру. Для підживлення та продувки використовується система підживлення-продувки і борного регулювання 1 контуру(ТК).

При виконанні «малої» борної програми покази датчика витрати теплоносія на лінії продувки першого контуру при малих витратах мають значну похибку, крім того, при показаннях витрати на лінії продувки першого контуру є частина теплоносія, який проходить повз активну зону реактора. Витрата продувки, що реєструється датчиком не відображає фактичну витрату теплоносія з першого контуру. Для уточнення витрати чистого конденсату при виконанні водообміну на енергоблоках ВВЕР-1000 потрібно виконати певні заходи.

В моїй роботі я аналізую роботу системи підживлення-продувки та борного регулювання з урахуванням зазначених перетоків. Мета роботи - запропонувати заходи щодо підвищення достовірності визначення витрати чистого конденсату при виконанні водообміну.

В ході аналізу роботи системи підживлення-продувки на основі диференціального рівняння балансу підбиралася швидкість зміни концентрації борної кислоти розрахунковим шляхом до досягнення збігу з фактичним. По балансу визначається необхідна поправка до показів витрати на продувці для досягнення збігу фактичного і розрахункового значень концентрації борної кислоти, а також оцінюється відхилення від регламентованої величини витрати чистого конденсату в перший контур в процесі водообміну по лінії продувки [1].

Для системи борного регулювання повинні бути встановлені граничні значення витрати чистого конденсату на кожен момент компанії з розрахунку не перевищення даного значення.

Для обґрунтування безпеки запропонованих заходів були проведені оціночні розрахунки швидкості введення позитивної реактивності при різних значеннях витрати чистого конденсату.

Перелік посилань:

1. 131-289-ТР-ОЯБ - Техническое решение «О контроле расхода теплоносителя при водообмене первого контура с учетом имеющихся перетоков теплоносителя»

СЕКЦІЯ №2

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

НЕТРОННО-ФІЗИЧНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛЯ ЕНЕРГОВИДІЛЕННЯ В АКТИВНІЙ ЗОНІ ВВЕР-1000

Розвиток безпечної ядерної енергетики є однією з актуальних задач сьогодення. Найбільш важливою частиною ядерного реактора є активна зона. Вона складається із комплексу збірок із паливом та сповільнювача, теплоносія що передає утворене тепло за межі реактора, та пристроїв системи управління та захисту реактора.

Задачі контролю за станом активної зони та параметрами першого контуру в реакторах типу ВВЕР покладені на систему внутрореакторного контролю (СВРК). Серед основних функцій СВРК є функція відновлення поля енерговиділення в активній зоні. Відновлення поля енерговиділення проходить в два етапи. На першому, виконується розрахунок енерговиділення шляхом вирішення транспортного рівняння обраним методом. На другому етапі результати розрахунку корегуються за допомогою значень енерговиділення отриманих детекторами прямого заряду. Однак виміри детекторів мають не повне поле, тому корегування проводиться тільки в деяких касетах (64 зі 163) і результати корегування екстраполюються на решту касет. Тому точність відновлення поля значною мірою залежить від точності вирішення транспортного рівняння.

В загальному випадку визначення поля енерговиділення ґрунтується на вирішенні транспортного рівняння Больцмана. Однак аналітичне вирішення цього рівняння пов'язане зі значними складнощами, тому для практичних задач використовують математичні методи, які ґрунтуються на певних наближеннях.

На сучасному етапі використовуються багато різних методів, які показують високу точність та оперативність розрахунків. Але розвиток атомної енергетики потребує постійного підвищення надійності, точності та швидкості вирішення існуючих задач, а також вирішення нових задач.

В роботі розглянуті методи та наближення для вирішення транспортного рівняння які можуть бути використанні для отримання поля енерговиділення в активній зоні. Проведено аналіз їх ефективності в умовах СВРК. Обрано найбільш прийнятні методи для створення розрахункового комплексу, а також показані перспективні шляхи їх розвитку.

Перелік посилань:

1. Sanchez R. Assembly homogenization techniques for core calculations // Progress in Nuclear Energy - 2009 – Vol. 51 – P. 14 – 31
2. Va'zquez-Rodri'guez R. Averaging the neutron diffusion equation // R. Va'zquez-Rodri'guez, G. Espinosa-Paredes, J.B. Morales-Sandoval, A. Va'zquez-Rodri'guez, E.-G. Espinosa-Martinez - Progress in Nuclear Energy 51 - 2009 474–484
3. Абрамов Б.Д. Метод эквивалентных разностей для уравнения переноса нейтронов // Журнал вычислительной математики и математической физики – 2013 – т. 53 №9
4. Mazumdar T. Solution of neutron transport equation by Method of Characteristics // T. Mazumdar, S.B. Degwekerb - Annals of Nuclear Energy - V. 77, 2015, P. 522-535
5. Kashi S. Mesh-free method for numerical solution of the multi-group discrete ordinate neutron transport equation / S. Kashi, A. Minuchehr, A. Zolfaghari, B. Rokrok - Annals of Nuclear Energy V.106, 2017, P. 51–63
6. Аввакумов А.А. Метод конечных элементов для уравнения диффузии нейтронов в гексагональной геометрии // А.А. Аввакумов, П.Н. Вабищевич, А.О. Васильев - Вестник СВФУ, т.11 №5 – 2014

Аспірант Литвиненко М.П.
Проф., д.т.н. Туз В.О.

ТЕПЛОМАСООБМІН І ГІДРОДИНАМІКА В МІКРОКАНАЛАХ КРІОГЕННОЇ ТЕХНІКИ

У сучасній промисловості криогенна техніка знаходить широке застосування. За останні десятиліття зріс інтерес до використання криогенних температур в діапазоні від 120 К до 80 К. Зокрема, вони застосовуються в медицині і біології, вакуумній техніці і технології для охолодження пасток, очищення газів від вологи та інших домішок криогенного відкачування, у радіоелектроніці, для підтримки низьких температур під час роботи, зокрема, детекторів гамма випромінювання. Прилади для створення криогенних температур, для даних областей застосування, повинні мати не великі габаритні розміри.

Досягнення криогенних температур можливо за допомогою простих однокаскадних холодильних систем з використанням багатокомпонентного сумішевого холодоагента на основі азоту з вуглеводнями та рекуперативного мікротеплообмінника. Блоки, які працюють в низькотемпературному діапазоні, називаються криокулерами.

Мікротеплообмінники які застосовуються в криокулерах є апаратами рекуперативного типу з витою поверхнею і протитечієм рухом теплоносія. Наприклад, "труба в трубі" прототип Лінде, виті теплообмінники типу Хемпсон та Паркінсон та пластинчасті теплообмінники. Наведені приклади теплообмінників мають високі коефіцієнти тепловіддачі, які обумовлені турбулентним рухом газу в трубках та в міжтрубному просторі. Це дає змогу зменшити втрати холоду за рахунок малого значення недорекуперації.

В останні десятиліття, були проведені дослідження по тепломасообміну та гідродинаміці в мікроканалах. Досліджувались тепломасообмінні процеси в мікроканалах різних типів теплообмінників.

Варто відмітити що в деяких експериментальних дослідженнях спостерігаються суперечливі відмінності отриманих результатів. Показана правомірність використання відомих рівнянь для труб великих діаметрів для розрахунку теплообміну та гідравлічного опору в капілярних каналах. Хоча в інших дослідників, результати досліджень по тепломасообміну і гідродинаміці з використанням рівнянь для труб великих діаметрів не співпадають з результатами попередніх дослідників.

Це може бути пов'язано із багатьма факторами: геометрія (зазвичай складна багатоканальна), розмір мікроканалів, гідравлічний діаметр, форма і шорсткість поверхні каналів, граничні умови, режим руху та інше.

Для більш точного розуміння природи тепломасообміну та гідродинаміки в мікроканалах криогенних систем слід провести експериментальні дослідження з метою визначення впливу їх геометричних характеристик теплообмінника, так і параметрів теплоносія.

Перелік посилань:

1. Дилевская Е.В. Криогенные микротеплообменники. М.: Машиностроение. 1978. 165 с.
2. Дыбан Е.П., Швец И.Т. Экспериментальное исследование гидравлического сопротивления и теплообмена при течении воздуха в капиллярных каналах // Известия АН СССР. Отд. технических наук. 1956. №2. С. 75-82.
3. Литтл В.А. Микроминиатюрные рефрижераторы Ж. Приборы для научных исследований (перевод с английского), 1984. №5. С.3-25.

ТЕПЛООБМІН ТА АЕРОДИНАМІКА ПУЧКІВ ГВИНТОВИХ ТРУБ

На сьогоднішній день існує проблема підвищення теплоаеродинамічної ефективності, зменшення ваги та габаритних розмірів теплообмінних апаратів, в яких теплообмінна секція з пучками оребрених труб становить основну частину [1].

У випадку застосування гвинтоподібних труб інтенсивність теплообміну зростає майже на 50 % порівняно з гладкою циліндричною трубою тієї ж довжини і зовнішнього діаметру. Але, при одночасній інтенсифікації теплообміну відбувається ріст гідродинамічного опору (рис. 1, 2). Так для гвинтової труби з кроком гвинтової лінії 8 мм, зростання інтенсивності теплообміну на 50 % супроводжується ростом гідродинамічного опору в 9...10 разів (при внутрішній течії теплоносія) [2].

Метою даної роботи є аналіз теплообміну та аеродинаміки пучків гвинтоподібних труб з кроковими характеристиками $s_1/s_2 = 0,92; 1,83, 0,5; 1,5$. Було встановлено, що найбільш перспективним пучком є пучок з $s_1/s_2 = 1,83$, проте слід відмітити, що теплообмінна секція сформована з такими кроковими характеристиками буде мати низьку компактність, що є важливим параметром для теплообмінного апарату. Зате пучок з $s_1/s_2 = 22/24 = 0,92$ по тепловим характеристикам практично не відрізняється, проте компактність в нього вдвічі вища. Найбільший гідродинамічний опір має пучок із найбільшим кроком – $s_2 = 48$ мм. Числа Ейлера для цього пучка знаходяться в діапазоні від 1,6 до 2,1, що майже на 17% і 20% відповідно вище чим для пучків з $s_1/s_2 = 0,92$ і 1,83 (рис. 1,2). Тому, з врахуванням даних по теплообміну, та з міркувань зменшення компактності ТОА, було розроблено ТОА, теплообмінна секція якого складається з пучків гвинтових труб з співвідношенням $s_1/s_2 = 22/24 = 0,92$.

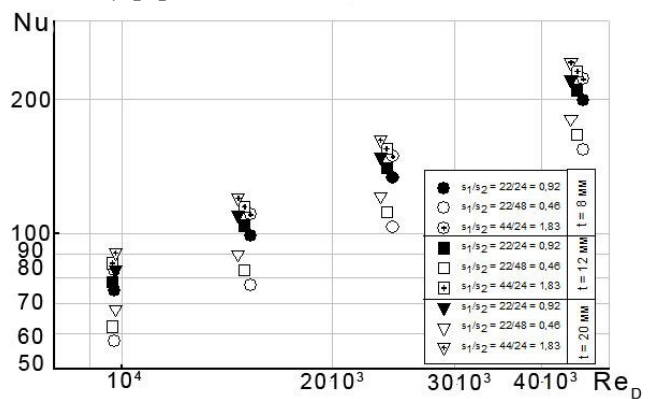


Рис. 1 – Залежність $Nu = f(Re_D)$ для пучків гвинтоподібних труб

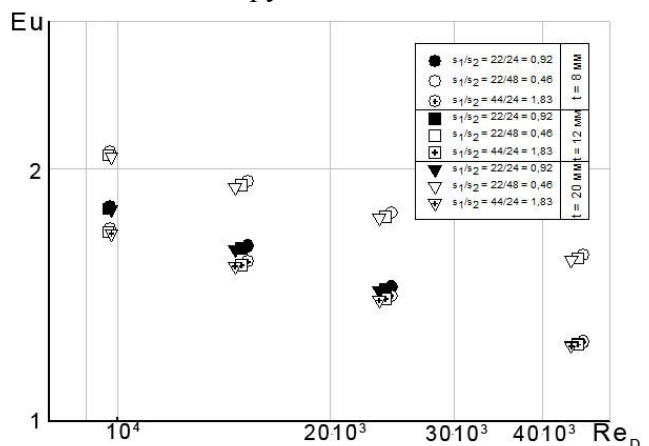


Рис. 2 – Залежність $Eu = f(Re_D)$ для пучків гвинтоподібних труб

Перелік посилань:

1. Рогачев В.А. CFD-моделирование теплогидравлических характеристик равноразвитых теплообменных поверхностей / В.А. Рогачев, А.В. Баранюк, Ю.А. Хмелев, Ю.В. Фридрихсон, А.А. Кириченко // Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. — 2012. — №2 (10). — С. 26 - 32.
2. Письменный Е.Н. Пути совершенствования трубчатых воздухоподогревателей ГТУ / Е.Н. Письменный// Теплоэнергетика. — 2012. — №6. — С. 67 - 72.

УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООБМІНУ ТА АЕРОДИНАМІКИ КРАПЛЕПОДІБНОЇ ТРУБИ

Результати дослідження аеродинамічного опору труб краплеподібної форми, візуалізація течії на їх поверхні та за ними, без зауважень щодо теплообміну та їх взаємозв'язку представлені в роботі [1]. Дослідження теплообміну вважається актуальним, так як аеродинамічний опір труб краплеподібного профілю суттєво нижчий, ніж для труб круглого поперечного перетину. Це в свою чергу свідчить про те, що саме такі труби є альтернативою круглим в якості елементів поверхонь рекуперативних теплообмінних апаратів.

Експериментальна установка дослідження складається з робочої ділянки, вентилятора з електричним двигуном, двох заспокійливих ділянок та розтруба зі встановленим в ньому витратомірним соплом профільованим по лемніскаці. Розміри робочої ділянки $D \times Ш \times В = 219 \times 70 \times 60$ мм. На заспокійливі ділянки встановлені штуцери відбірного тиску. Перед робочою ділянкою встановлена сітка для вирівнювання поля швидкості і встановлення рівня збуреності потоку $Tu \approx 1\%$. Розміри сітки: $d = 0,3$ мм – діаметр дротин, сітка з чарункою $M=1,2$ мм. У вузькому перетині витратомірного сопла встановлена трубка Піто-Прандтля для вимірювання динамічного напору. Витрата повітря регулюється за рахунок зміни частоти електроприводу вентилятора за допомогою ЛАТРа. Верхня кришка робочої ділянки спроектована таким чином, що дозволяє змінювати кут розташування краплеподібної труби відносно потоку повітря в межах $[0; \pi/3]$. На вході робочої ділянки встановлена термопара для вимірювання температури повітря. Фото установки зображено на рис. 1

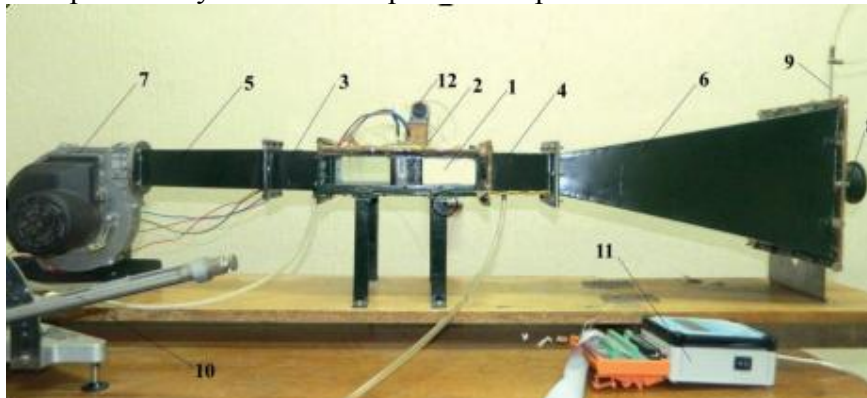


Рисунок 1 – Експериментальна установка

Дослідження теплообміну планується проводитись в діапазоні зміни швидкостей в «живому» перерізі робочої ділянки (з урахуванням захарашування поперечного перерізу робочої ділянки дослідним зразком) від 2,5 до 16 м/сек, що відповідає числам Рейнольдса $Re_D = (4 \dots 25) \cdot 10^3$.

Загалом установка складається з таких систем:

- електроживлення: електродвигуна вентилятора та дослідного зразка;
- вимірювання температур поверхні дослідного зразка та повітря;
- вимірювання витрати повітря.

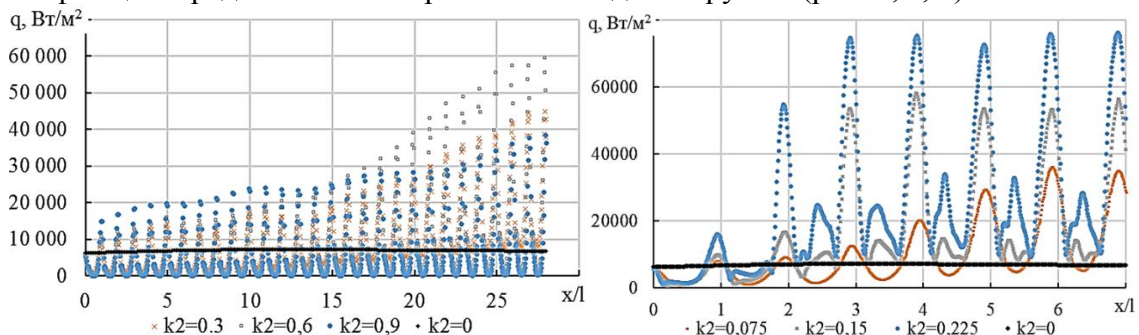
Перелік посилань:

1. Терех, А.М., Руденко О. І., Жукова Ю.В., Семеняко О.В., Кондратюк В.А. Аэродинамическое сопротивление одиночных труб каплеобразной формы и визуализация их обтекания : Восточно-европейский журнал передовых технологий. Київ: №6/8(60)2012, 63-68 с.

Аспірант Баскова О.О.
Проф., д.ф.-м.н. Воропаєв Г.О.

ВПЛИВ ГЕОМЕТРІЇ ПОГЛИБЛЕННЯ ГОФРОВАНОЇ ПОВЕРХНІ НА СТРУКТУРУ ТЕЧІЇ ТА ІНТЕНСИВНІСТЬ ТЕПЛООБМІНУ В ТРУБІ

Ефективність гофрування труб, як пасивного методу інтенсифікації теплообміну, залежить в першу чергу від геометрії поглиблень гофрування [1]. Глибина і довжина поглиблення обумовлюють структуру вихрової течії в ньому, від якої і залежить інтенсивність теплообміну при даному значенні числа Рейнольдса по радіусу труби. Так в короткохвильовому гофрі $k_1 = l/R \leq 0,3$ (l - довжина хвилі гофра, R - радіус труби) значення щільності теплового потоку нижче, ніж в довгохвильовому $k_1 \geq 1$, як і інтенсифікація передачі тепла в порівнянні з гладкою трубою (рис. 1, а, б):



а - $k_1 \leq 0,3$;

б - $k_1 \geq 1$

Рисунок 1 – Щільність теплового потоку на гофрованій вставці з різною глибиною $k_2=2a/l$

В короткохвильових гофрах у відносно дрібному поглибленні ($k_2=2a/l \leq 0,6$) у всьому просторі западини відбувається повільний стійкий циркуляційний рух теплоносія, що призводить до конвективного теплообміну в ній. Але при подальшому збільшенні глибини гофра ($k_2 > 0,6$) у поглибленні гофра утворюється зона застійної, не залученої до циркуляції рідини, що погіршує теплообмін. В довгохвильовому гофрі при тих самих значеннях глибини поглиблення, застійна зона відсутня завдяки утворенню інтенсивної багатовихрової структури течії. Із зростанням глибини довгохвильового гофра ($0,075 \leq k_2 \leq 0,225$) відбувається збільшення теплообміну як за рахунок перемішування рідини, так і через збільшення площі теплообмінної поверхні. Від гофра до гофра, незалежно від його довжини, інтенсивність завихреності в поглибленні зростає, як і інтенсивність теплообміну. Найбільші значення щільності теплового потоку по довжині хвилі гофра локалізовані на його гребнях, де товщина примежевого шару мінімальна. Для довгохвильових гофрів характерна наявність ще одного максимуму тепловіддачі, який локалізован всередині поглиблення, де завдяки інтенсивному вихровому руху також руйнується примежевий шар.

В ході проведеного чисельного моделювання були визначені оптимальні параметри геометрії, що сприяють максимальній інтенсифікації теплообміну (до 1,6 разів, $k_1=1,14$) при мінімальних гідравлічних втратах (зростання гідравлічного опору на 5% у порівнянні з гладкою трубою) при даному числі Рейнольдса.

Перелік посилань:

1. Vicente, P. G. Experimental investigation on heat transfer and frictional characteristics of spirally corrugated tubes in turbulent flow at different Prandtl numbers [Text] / P. G. Vicente, A. Garc, A. Viedma // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2004. – Vol. 47. – P. 671–681.

АКУТАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ РОЗРОБКИ ЗАСОБІВ ТЕПЛОВІДВЕДЕННЯ ВІД ПОТУЖНИХ ПРИЙМАЛЬНО-ПЕРЕДАВАЛЬНИХ МОДУЛІВ АФАР РЛС

Антенні радіолокаційні станції (РЛС) мають широке поширення у світі як у цивільній так і в військовій сферах. Неможливо уявити жодної сучасної армії без багатофункціональних РЛС, де вони використовуються для визначення поточного місцезнаходження різних рухомих об'єктів та для радіонавігації. Складовою частиною сучасних РЛС є активна фазована антенна решітка (АФАР) [1] з великою кількістю випромінювачів та приймально-передавальних модулів (ППМ). Основним елементом ППМ є підсилювач потужності на основі активних надвисокочастотних (НВЧ) електронних елементів - транзисторів та монолітних інтегральних схем (МІС). Зовнішній вигляд однієї з НВЧ МІС наведено на рис. 1 [2]. Через недосконалість мікрохвильових транзисторів і МІС ефективність ППМ зазвичай менше 45%. Значна частина енергії, що споживається ППМ, виділяється у вигляді теплоти, яка при недостатній ефективності тепловідведення може призвести до перегріву елементної бази та зниження надійності роботи підсилювачів потужності ППМ, оскільки електричні характеристики та надійність арсенід-галієвих та нітрид-галієвих НВЧ МІС різко знижуються при підвищенні робочої температури (див. рис. 2) Тому на сьогоднішній день найбільш актуальною проблемою при створенні АФАР РЛС є організація тепловідведення від активних елементів приймально-передавальних модулів АФАР.

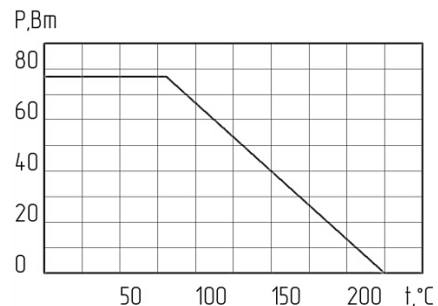
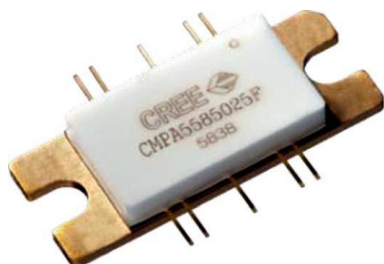


Рис. 1. НВЧ МІС СМРА5585025F. Рис. 2. Залежність потужності розсіювання P_{GAN} МІС СМРА5585025F від температури корпусу t [3].

Зазвичай з цією метою використовується один з двох способів охолодження – повітряне чи рідинне. Традиційне охолодження повітрям погано узгоджується з високою щільністю компоновки АФАР, тому найбільш раціональним, на наш погляд, може бути використання рідинного охолодження та застосування теплових труб для передачі теплоти від МІС до рідинного теплообмінника.

Метою подальших досліджень буде розробка найбільш раціональної компоновки такої комбінованої системи тепловідведення, виготовлення діючого макету та дослідження його теплових характеристик.

Перелік посилань:

1. Гостюхин В.Л., Трусков В.Н., Гостюхин А.В. Активные фазированные антенные решетки. – 2011. – 204 с.
2. R. S. Pengelly, S. M. Wood, J. W. Milligan, S. T. Sheppard, W. L. Pribble, A. Review of GaN on SiC High Electron-Mobility Power Transistors and MMICs // IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques. – 2012. – Vol. 60, is. 6. – P. 1764–1783.
3. CMPA5585025F 25 W, 5.5 - 8.5 GHz, GaN MMIC, Power Amplifier <https://www.wolfspeed.com/downloads/dl/file/id/479/product/184/cmpa5585025f.pdf>

ТЕПЛОАЕРОДИНАМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРУБ КРАПЛЕРОДІБНОЇ ФОРМИ

В умовах підвищення вартості матеріальних та енергетичних ресурсів актуальності набуває вирішення проблеми енерго- та ресурсозбереження. Важливим напрямком вирішення цієї проблеми є розробка та впровадження нових видів розвинених конвективних поверхонь теплообміну для різного роду теплообмінних апаратів, що відрізняються високою теплоаеродинамічною ефективністю, технологічністю й невисокою вартістю виробництва.

Експериментальні дослідження показали, що інтенсивність теплообміну труб «прямого» краплеподібного профілю на 30 % вища в порівнянні зі «зворотнім» профілем. Труби як «прямого» так і «зворотнього» профілю мають нижчу інтенсивність теплообміну в порівнянні з круглим циліндром. Водночас, аеродинамічний опір таких труб при $L/D > 1,8$ суттєво нижчий, ніж труб круглого поперечного перетину [1]. Однак, при цьому краплеподібні труби мають більшу теплообмінну поверхню і тому порівняння з круглим циліндром доцільно проводити порівнюючи тепловий потік з одного погонного метра труб (або порівнювати їх повний термічний опір).

Об'єктом дослідження є процеси аеродинаміки та теплообміну труби краплеподібної форми, що мала такі геометричні розміри : $h = 60$ мм, $D = 24$ мм, $d = 10$ мм, $L = 51$ мм, $L/D = 2,125$, зовнішній периметр $\Pi = 122,9$ мм (рис. 1) при поперечному її обтіканні потоком повітря. Співвідношення площ поверхонь краплеподібної труби і циліндра діаметром $D = 24$ мм становить 1,63.

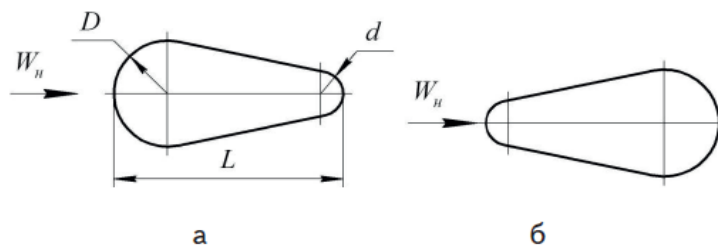


Рис. 1. Загальний вид і умови обтікання труб краплеподібного профілю:
а – «прямий» краплеподібний профіль; б – «зворотній» профіль

Оцінка теплоаеродинамічної ефективності проведена за модифікованим фактором аналогії Рейнольдса - FAR, що представляє собою відношення теплових потоків відведених від краплеподібної труби і циліндра до їх аеродинамічного опору в діапазоні зміни чисел Рейнольдса $Re_D = (4...25) \cdot 10^3$. Результати показують, що при омиванні «зворотнього» профілю краплеподібної труби FAR приймає значення порядку 1,3 при цьому монотонно незначно знижуючись зі збільшенням Re_D . При омиванні «прямого» профілю краплеподібної труби фактор аналогії Рейнольдса змінює значення від 2 до 3 при збільшення Re_D від 4000 до 25000.

Перелік посилань:

1. Терех А.М., Руденко А.И., Жукова Ю.В., Семеняко А.В., Кондратюк В.А. Аэродинамическое сопротивление одиночных труб каплеобразной формы и визуализация их обтекания. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2012. №6/8(60). С. 63-68.

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕПЛОНОСІЯ НА ТЕПЛОПЕРЕДАЮЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОСИФОНА

Двофазні термосифони є різновидом теплових труб, в яких відсутня капілярно – пориста структура. Процес теплопередачі в термосифонах є складним і залежить від багатьох факторів. Теплопередавальні характеристики термосифонів залежать як від режимних параметрів (величина теплового потоку, температура охолоджуючої рідини у зоні конденсації), так і від геометричних характеристик (загальної довжини, внутрішнього діаметра, довжини зон нагріву і конденсації) [1]. Одним із основних факторів, що впливає на теплопередаючі характеристики термосифону є тип теплоносія. Адже від властивостей теплоносія залежить, які теплові потоки передаватиме термосифон.

Метою даного дослідження є визначення впливу властивостей теплоносія на величину термічного опору R і максимальний тепловий потік Q_{\max} термосифону з внутрішнім діаметром $5 \cdot 10^{-3}$ м і довжиною 0,7 м, заправленого водою, метанолом та фреоном 113. Коефіцієнт заповнення K_3 термосифонів був рівний 0,5, визначався, як відношення об'єму заповненого у термосифон теплоносія $V_{\text{ж}}$ до внутрішнього об'єму зони нагріву $V_{\text{зн}}$: $K_3 = V_{\text{ж}} / V_{\text{зн}}$. Термосифон був розташований вертикально – кут 90° . На рисунках 1,2 представлено результати дослідження.

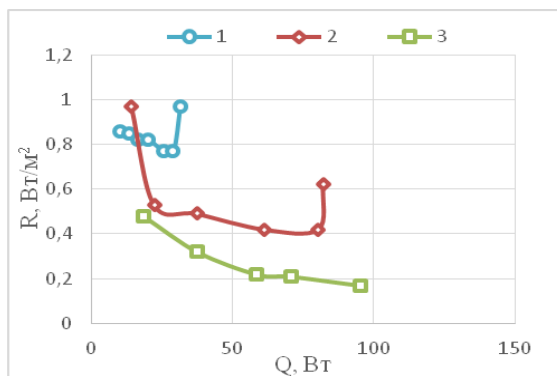


Рис. 1. Залежність термічного опору R від теплового потоку Q : 1- фреон R113, 2-метанол, 3-вода

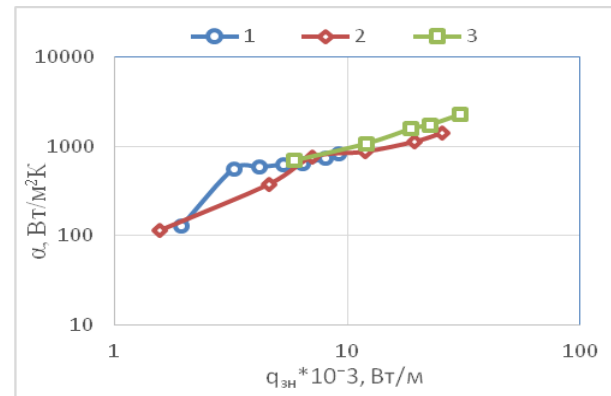


Рис. 2. Залежність коефіцієнта тепловіддачі в зоні нагріву від теплового потоку: 1-фреон R113, 2-метанол, 3-вода

З рис.1 видно, що теплофізичні властивості рідин суттєво впливають на значення термічного опору. Максимальні теплові потоки, які розраховуються при мінімальних термічних опорах також залежить від роду рідин. Для води близько $Q_{\max} \approx 120$ Вт, для метанолу $Q_{\max} \approx 80$ Вт, а для фреону R113 $Q_{\max} \approx 30$ Вт.

Для води, метанола і фреона дані узагальнюються залежністю $b = c \cdot q^{0,85}$ (рис. 2), де для води $c = 186$, метанола $c = 94$, а для фреона $c = 104$.

Таким чином проведені дослідження показали, що на теплопередаючі характеристики суттєво впливають теплофізичні властивості теплоносіїв і вид теплоносія вибирається в залежності від теплової потужності елемента охолодження.

Перелік посилань:

1. Безродный М.К. Процессы переноса в двухфазных термосифонных системах. Теория и практика/ М.К.Безродный, И.Л. Пиоро, Т.О. Костюк// – К: Факт, 2005. – 704 с.

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕПЛОНОСІЯ НА ТЕПЛОПЕРЕДАЮЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МІНІАТЮРНИХ ТЕПЛОВИХ ТРУБ

Постійний розвиток різних областей техніки : енергетики, медицини, радіоелектроніки вимагає створення мініатюрних теплових труб, що здатні передавати великі теплові потоки. В результаті зниження масогабаритних характеристик і одночасним збільшенням теплового навантаження на елементи постає гостра проблема створення надійних систем охолодження апаратури.

Найбільш ефективним виходом з даної ситуації є застосування системи охолодження на основі мініатюрних теплових труб (МТТ) [1]. Однак теплопередаючі характеристики мініатюрних випарно-конденсаційних систем вивчені недостатньо.

Для вивчення впливу виду теплоносія на основні теплопередаючі характеристики МТТ було проведено дослідження на тепловій трубці з зовнішнім діаметром 6 мм , довжиною 175 мм і з капілярною структурою пористістю 75%. В якості теплоносія використовувалася дистильована вода та метанол. Експерименти проводились при двох положеннях МТТ: вертикальному та горизонтальному.

Дослідження показали, що вид теплоносія суттєво впливає на максимальний тепловий потік, що передається. Величина термічного опору при збільшенні теплового потоку зменшується до максимального теплового потоку, при якому настає криза теплообміну в зоні нагріву. Максимальний тепловий потік визначається при мінімальному термічному опорі (рис.1). На рисунку 2 показано значення Q_{max} залежно від кута нахилу. З рисунку видно, що гравітаційні сили впливають на Q_{max} . При куті нахилу $+90^\circ$ тепловий потік підвищується приблизно на 30% порівняно з горизонтальним положенням. Це спостерігається для обох теплоносіїв. Однак максимальний тепловий потік у води значно вище ніж у метанолу.



Рисунок 1 – Залежність термічного опору від теплового потоку при $+90^\circ$

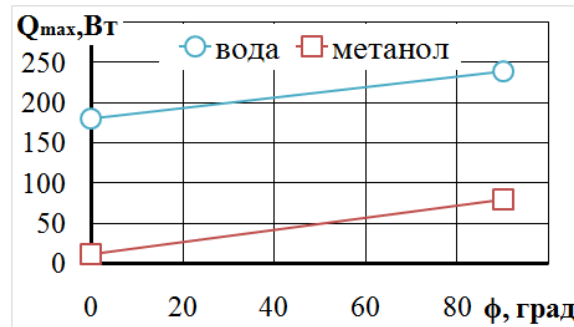


Рисунок 2 – Залежність теплового потоку від кута нахилу для різних теплоносіях

Це зумовлено тим, що теплота пароутворення у води більше від метанолу в 2 рази.

Таким чином дослідження показало, що на теплопередаючі властивості мініатюрних теплових труб суттєво впливає тип теплоносія і положення у просторі.

Перелік посилань:

1. Кравець В.Ю. Теплопередаючі характеристики теплових труб з металолокнистою капілярною структурою / В. Ю. Кравець, Е.Н. Письменный, В.И. Коньшин // – Сб.нау. тр. СНИЯЭиП. Севастополь, 2004. - Вып. 12.- С.254 –260.

МЕТОДИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

Одним з найвидатніших способів енергозбереження є використання сонячної енергії. Використовуючи сонячні колектори, ми можемо перетворити сонячну енергію в тепло. Наприклад, встановлюючи ці колектори на дах приватного будинку, людина може заощадити багато коштів на гаряче водопостачання. Ця сума коливається в залежності від географічного розташування об'єкту, кількості колекторів, річного або щоденного споживання гарячої води тощо. Зазвичай сонячна енергія покриває від 50% до 90% попиту на енергію стосовно підготовки гарячої води залежно від регіону, де він встановлений.

Комбіновані системи, що складаються з декількох окремих частин (наприклад, з теплового насоса, котла, сонячного модуля тощо) для деяких користувачів виглядають занадто складними. Вони, зазвичай, потребують багато місця. Монтаж обладнання комбінованих систем більш трудомісткий і відповідно обійдеться дорожче. Поєднання всіх складових в єдину узгоджену установку забезпечує від незручностей та гарантує найбільш оптимальний режим роботи всіх складових теплової системи. Переваги гібридної установки перед класичною зв'язкою котел + тепловий насос полягає в алгоритмі роботи та в гідравлічній схемі. Принцип роботи полягає в послідовному нагріванні теплоносія: спершу самим тепловим насосом, а потім, у разі необхідності, газовим котлом. Догрів теплоносія до потрібного значення відбувається, коли тепловий насос виходить за межі своєї оптимальної роботи та необхідної потужності для теплової системи.

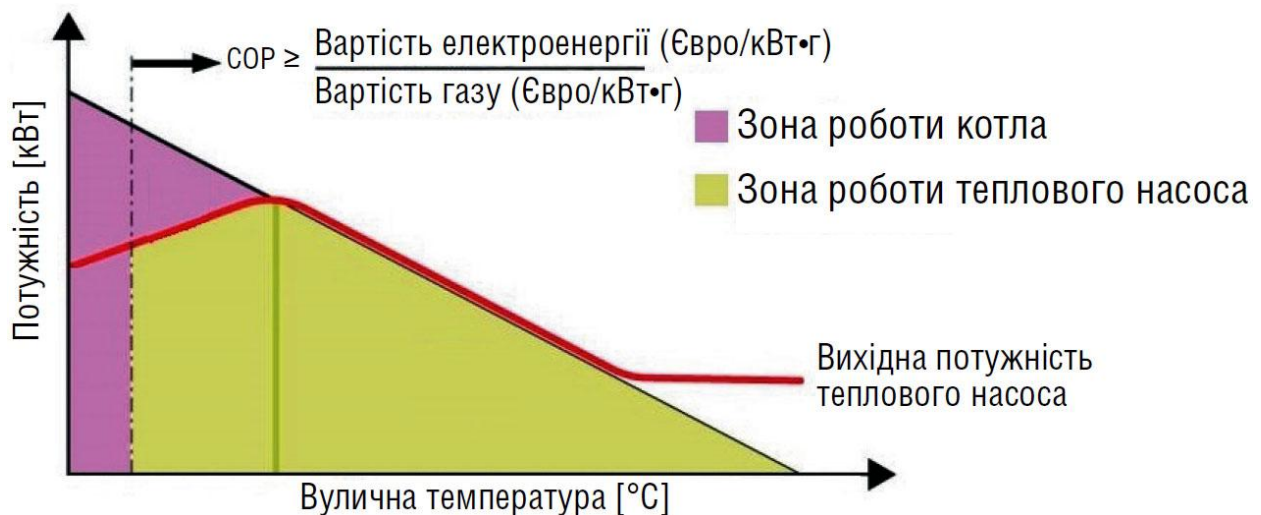


Рис. 1. Принцип роботи комбінованої установки

Перелік посилань:

1. Karl Mathiesen. What is holding back the growth of solar power? URL: <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2016/jan/31/solar-power-what-is-holding-back-growth-clean-energy>. (дата звернення: 14.10.2017.).
2. Богомолів Ю., Волчинський К. Ariston Nimbus Hybrid – комбінований теплогенератор. AW Therm. 2017. № 4. С. 12-14.

УДК 621.565.6

Студент 4 курсу, гр. ТФ-41 Глушко І.В.
Доц., к.т.н. Лебедь Н.Л.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕПЛОБМІННИКІВ МІКРОКРІОГЕННИХ УСТАНОВОК НА НЕАЗЕОТРОПНІЙ СУМІШІ ХЛАДАГЕНТІВ

Дана робота присвячена розробці витого теплообмінника з оребрених труб для кріохірургічної установки на суміші хладагентів. Він забезпечує температуру $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ на випарнику кріохірургічного інструменту. Як робоча рідина використовується суміш хладагентів, таких як азот, метан, етан, пропан та ізобутан.

Мікрокріогенні теплообмінники застосовуються в багатьох областях, таких як кріохірургія, охолодження інфрачервоних детекторів для космічної сфери, охолодження пристроїв нічного бачення для військових цілей, охолодження електроніки для покращення сигналу та багато іншого завдяки їх надзвичайно компактній структурі, великій площі теплообміну на одиницю об'єму і тривалій роботі при високих тисках тощо.

Конструкція даного теплообмінника представляє собою серцевину на яку навиваються оребрені трубки в один або декілька рядів. Гідравлічний діаметр трубок знаходиться в діапазоні 2...3 мм для кращої теплової продуктивності. Особливістю витих мікротеплообмінників являється мале відношення їх діаметра до висоти, обумовлене прагненням звести до мінімуму величину недорекуперації і теплопритоків. Зазвичай це відношення знаходиться в межах від 0,15 до 0,4.

Аналіз однокаскадного циклу Джоуля-Томпсона на суміші хладагентів, який використовується в даній установці є дуже важливим кроком у розробці теплообмінника. Його можна зробити лише на основі інформації, отриманої з комбінованих термодинамічних моделей з обмеженими експериментальними даними про теплофізичні і термодинамічні властивості суміші хладагентів. Для заданої температури навколишнього середовища, температури хладагентів та термодинамічних властивостей суміші хладагентів холодильна ємність і потужність компресора може бути оцінена шляхом прийняття значень різниці температур і падіння тиску в лініях прямого та зворотнього потоку [1].

На основі аналізу [2] було вибрано методику розрахунку та складено програму розрахунку в середовищі Mathcad завдяки якій трудомісткість розрахунку багатократно зменшується, що дозволяє легко прорахувати різні варіанти конструкції теплообмінного апарату.

В кінці уточнюючого розрахунку програма визначає гідравлічні опори намотки з оребрених трубок по формулі, що відповідає значенню критерія Рейнольдса.

По закінченню розрахунку програма представляє зведений список теплових, гідравлічних і геометричних параметрів теплообмінника.

По розрахованим геометричним параметрам виготовляється теплообмінник. Для уточнення теплових, гідравлічних і геометричних параметрів теплообмінника потрібно провести експериментальні дослідження, через можливу велику похибку розрахунку теплообмінника по даній методиці, так як на сьогоднішній день не існує розробленої аналітичної теорії для двофазного потоку багатокомпонентної неазеотропної суміші хладагентів.

Перелік посилань:

1. Khatri A.; Boiarski M., "A Throttle Cycle Cryocooler Operating with Mixed Gas Refrigerants in 70 K to 120 K Temperature Range", Cryocoolers 9, Edited by R.G.Ross,Jr./ Plenum Press, New York, 1997.
2. Никитина Г.В. Конструирование и расчет витых теплообменных аппаратов – М: Университет машиностроения, 2013. – 48-77с.

ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ТЕПЛОПЕРЕДАВАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МТТ

Подальший стійкий розвиток теплової енергетики в Україні пов'язаний з вдосконаленням систем тепловідводу від об'єктів з виробництвом теплоти. Актуальною задачею є забезпечення необхідних теплових режимів корпусів, захисних оболонок. Система охолодження за основи мініатюрних теплових труб характеризується рядом переваг: а) високий ступінь надійності та безпеки в роботі; б) пасивність і автономність внаслідок незалежності системи від електропостачання, наявності запасів води; в) компактність системи; г) можливість заміни несправних каналів.

Але для використання теплових труб як систем охолодження потрібно врахувати багато факторів, які впливають на теплопередавальні характеристики. Щоб визначитися з характеристиками МТТ потрібно: дослідити режими роботи різних зразків; вивчити вплив чинників; дослідити інтенсивність тепловіддачі.

Одним з головних факторів впливаючого на теплопередавальні характеристики труби є геометричні розміри. Відомо що залежно від розмірів внутрішнього діаметру, характер зміни температури в зоні нагріву відрізняється. Так для труби діаметром 6 мм, вагомим є вплив збільшеного розміру діаметру парового простору усередині труби, тоді як в порівнянні з МТТ діаметром 3 мм. Це дозволяє зменшити опір руху пари в зону конденсації. Також одним з геометричних розмірів МТТ є довжина ділянок конденсації та випаровування. Наприклад за рахунок збільшення довжини зони конденсації відбувається помітне охолодження теплоносія, що сприяє загальному зниженню температури в зоні випаровування, з одночасним збільшенням величини теплового потоку, що передається. Обов'язково звертають увагу на коефіцієнт тепловіддачі в зонах випаровування та конденсації. Зменшення діаметру парового простору призводить до зниження коефіцієнту тепловіддачі в зоні випаровування. Так як співвідношення для МТТ діаметром 4 мм, $\alpha \sim q^{0,35}$, а зменшення діаметра до 2 мм змінює це співвідношення до $\alpha \sim q^{0,2}$.

Для того щоб виготовлені зразки МТТ були ефективно вмонтовані у системи охолодження пристроїв, необхідно розробляти конструкції з'єднувальних деталей таким чином, щоб термічний опір між ними був мінімальним. Таке з'єднання може бути виконано шляхом паяння МТТ до елементів системи охолодження або конструктивним способом, шляхом виготовлення самої системи охолодження у вигляді мініатюрної теплової труби.

Перелік посилань:

1. Гершуні О.Н., Ніщик О.П., Письменний Є.М. Випаровувально-конденсаційні системи теплопередачі для ядерних енергетичних технологій [Текст] / О.Н. Гершуні, О.П. Ніщик, Є.М. Письменний – Київ: Альтерпрес, 2007. – 236 с.
2. Некрашевич Я.В. Теплопередавальні характеристики мініатюрних теплових труб з металоволокневою капілярною структурою [Текст] автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. тех. наук (05.14.06) / Ярослав Васильович Некрашевич; НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського». Київ, 2014 – 22 с.

ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУХФАЗНЫХ ТЕРМОСИФОНОВ С НАНОЖИДКОСТЬЮ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Разработка эффективных систем охлаждения, в особенности для микроэлектронного оборудования, является сложной и комплексной задачей для разработчиков и проектантов. Одной из уже хорошо зарекомендовавших себя конструкций, являются системы, которые базируются на замкнутых двухфазных термосифонах (ДТС) различных конструкций [1]. Их отличительной чертой является дешевизна, простота изготовления и высокие теплопередающие характеристики.

Вдобавок к основным, определяющим эффективную работу, факторам (геометрическим и режимным), исследованию которых посвящено множество работ, стоит добавить такой важный параметр как теплофизические свойства теплоносителя. Так как геометрия системы охлаждения часто диктуется конфигурацией охлаждаемого устройства, то повышения производительности ДТС можно добиться за счет улучшения теплофизических свойств теплоносителя. Этого можно достигнуть при добавлении небольшого количества нанопорошка в теплоноситель, или же использовании в качестве теплоносителя наножидкостей (НЖ) [2].

Был проведен ряд экспериментов, в которых в качестве теплоносителя использовалась НЖ на основе углеродных нанотрубок. На рис.1 приведено сравнение интенсивности теплоотдачи в зоне

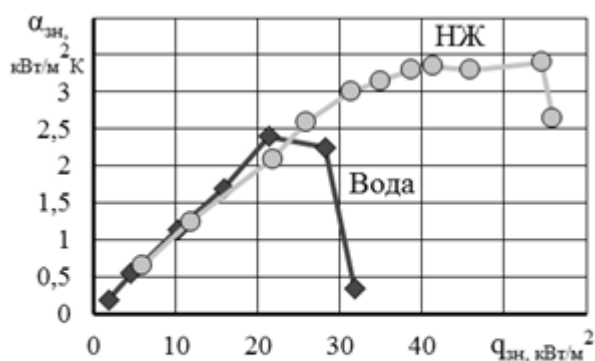


Рис.1 - Зависимость интенсивности теплоотдачи в зоне нагрева термосифона от передаваемого теплового потока

нагрева 2 термосифонов: с НЖ на основе углеродных нанотрубок и с водой.

Как видно по графику, до плотности теплового потока $25 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2$ интенсивность теплоотдачи обоих теплоносителей совпадают. Но при дальнейшем повышении теплового потока термосифон с НЖ продолжает работать, а в термосифоне с водой наступает кризис теплоотдачи (он характеризуется резким повышением температуры в зоне нагрева).

Как результат, в случае использования в качестве теплоносителя

НЖ, кризис теплоотдачи начинается при плотностях теплового потока в 2 выше, чем в случае использования воды как теплоносителя. Это говорит о формировании своеобразной поверхности в зоне нагрева и препятствует объединению паровых пузырьков и появлению паровых пленок.

Перечень ссылок:

1. Пиоро Л. С. Двухфазные термосифоны и их применение в промышленности. К.: Наукова думка, 1988. 136 с.
2. Бондаренко Б.И., Морару В.Н., Сидоренко С.В., Комыш Д.В. // Наножидкости для энергетики: Экстренное охлаждение перегретых поверхностей теплообмена. Письма в ЖТФ, 2016, Vol. 42, No. 13, pp. 32–43

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ УКРАИНЫ

На сегодняшний день наблюдается сокращение угольного резерва за счет приостановки поставки с оккупированных территорий и за счет общего уменьшения добычи каменного и бурого угля (рис.1).

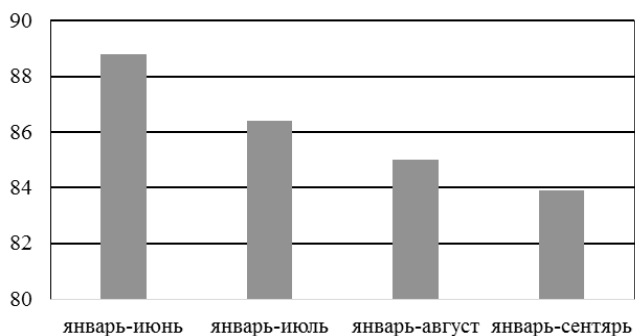


Рисунок 1- Индексы добычи каменного и бурого угля за 2017 г. (% к соответствующему периоду 2016 г.)

Украина стремится к сокращению потребления природного газа. Тенденция к уменьшению газа наблюдается с 2005 года и сохранилась по сей день.

Возникает замкнутый круг - сокращение использования газового ресурса в пользу угольной энергетики с целью независимости от других стран, и одновременное уменьшение добычи в угольной сфере. Выход один,

а именно увеличение доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

В Украине наибольшее распространение из ВИЭ получила солнечная энергетика. Солнечная энергия в настоящее время используются в частных домах двумя различными способами: для нагрева бытовой воды и обогрева; для прямой генерации электрической энергии.

Для нагрева бытовой воды и обогрева дома используется солнечные коллекторы. Коллекторы делятся на 2 вида: плоские и вакуумные.

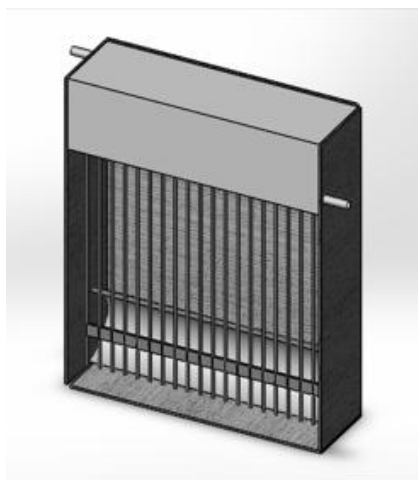


Рисунок 2- Предложенная экспериментальная конструкция гелиосистемы

В последние годы всё большую популярность получают коллекторы с тепловыми трубами (ТТ). Коллекторы с ТТ по сравнению с коллекторами с обычными трубками имеют большую эффективность, однако и более высокую стоимость.

Соответственно, возникает необходимость создания высокоэффективной гелиосистемы с минимальной себестоимостью. С целью уменьшения стоимости коллектора предложено использование вместо ТТ – термосифонов [1] и следующая конфигурация системы (рис.2).

Т.к. угол наклона существенно влияет на максимальные тепловые потоки и максимум соответствует 40° до 60° данный коллектор рекомендуется устанавливать на базе системы регулировки угла наклона.

Необходим дальнейший технико- экономический расчет для определения эффективности предложенной конструкции.

Перечень ссылок:

1. Безродный М.К. Процессы переноса в двухфазных термосифонных системах. Теория и практика [Текст] / М.К.Безродный, И.Л. Пиоро, Т.О. Костюк – К: Факт. – 2005. – 704 с.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ РІДКОГО КЕРАМІЧНОГО ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ

На сьогоднішній день раціональне використання енергетичних ресурсів є одним із пріоритетних завдань в промисловості. Істотна роль у вирішенні проблеми енергозбереження належить високоефективній тепловій ізоляції. Теплова ізоляція трубопроводів і устаткування визначає технічну можливість та економічну ефективність реалізації технологічних процесів.

Традиційні системи теплоізоляції на основі мінеральної вати, пінополістиролу, скловолокна в даний час вичерпали свої можливості. Вирішення проблеми підвищення експлуатаційних властивостей теплоізоляційних матеріалів може бути здійснено шляхом модифікації їх складу або пошуком і застосуванням абсолютно нових матеріалів, які допоможуть перейти на новий якісний рівень систем теплоізоляції з урахуванням сучасних вимог теплового захисту і теплостійкості [1]. Теплотехнічна ефективність конструкцій промислової теплової ізоляції визначається в першу чергу коефіцієнтом теплопровідності теплоізоляційного матеріалу і його термічним опором. Також до основних вимог, що висуваються до теплоізоляційних матеріалів і конструкцій, відносять щільність, температуростійкість, вібростійкість, горючість, водостійкість і стійкість до впливу хімічно агресивних середовищ.

Для вирішення поставленого завдання було здійснено аналіз ринку теплоізоляційних матеріалів і вивчено існуючі методики визначення фізико-технічних властивостей теплоізоляційних матеріалів. На основі аналізу основних характеристик матеріалу для вивчення обрано рідке термоізоляційне покриття, до складу якого входить композиція керамічних і полімерних мікросфер наповнених газом на водоемульсійній полісилоксановій латексній основі [2].

Проведено випробування на модернізованому експериментальному стенді по визначенню коефіцієнта теплопровідності для рідкого керамічного теплоізоляційного покриття при його нанесенні на плиту гіпсокартону до 3 шарів згідно методики [3]. Відносна похибка визначення ефективної теплопровідності і термічного опору за даним методом не перевищує $\pm 3\%$. Вимірювання температури здійснювалось з похибкою не більше $\pm 1\%$.

В результаті проведеної роботи були експериментально визначені коефіцієнт теплопровідності та термічний опір зразка плити гіпсокартону з нанесеним покриттям та без. На основі отриманих даних зроблено висновок, що використання даного покриття дозволило зменшити втрати теплової енергії від нагрівача до 40%. Також слід зазначити ряд переваг рідкого керамічного теплоізоляційного покриття в порівнянні з традиційними методами теплоізоляції.

Перелік посилань:

1. Анисимов М. В. Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности сверхтонких жидких композиционных теплоизолирующих покрытий /Известия Томского политехнического университета . Инжиниринг георесурсов. 2015г.
2. Патент на корисну модель №63680 «Шумоізолюючий атмосферостійкий теплоізолюючий термостійкий латекс (ШАТТЛ)»
3. ДСТУ Б В.2.6-101:2010 «Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій»

МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЛІВКОВОЇ ТЕЧІЇ

Одним з найбільш ефективних методів інтенсифікації процесів тепломасообміну в теплообмінних апаратах контактного типу є організація контакту газового середовища з тонкими шарами рідини (плівками). Для сталої і ефективної роботи в плівковому апараті необхідно забезпечити рівномірний розподіл рідини по поверхні.

Плівкова течія – рух тонкого шару рідини вздовж твердої стінки, під час якого зовнішня поверхня плівки залишається вільною [1].

Основними параметрами плівки є: середня товщина плівки, поля швидкостей та температур плівки, дотичні напруження на стінці, хвильові характеристики плівкової течії (амплітуда, частота, довжина хвиль, фазова швидкість).

Робота присвячена огляду існуючих методів визначення параметрів плівкової течії [2]. А саме розглянуті:

- методи дослідження профілів швидкостей: методи візуалізації (пряма, тіньова) – вимірювання профілю швидкості за допомогою фото- та кінозйомки частинок, введених в течію плівки; метод прийомної судини, що переміщується – вимірювання швидкості по різниці витрат; термоанемометричний метод;
- методи дослідження середніх товщин плівок: метод електроконтактний – фіксується дотик вістря щупа с поверхнею зрошення та з поверхнею плівки; електроємнісний метод - вимірювання електроємності між стінкою, що зрошується, та датчиком; методи електроопору – вимірювання миттєвих значень сили струму, що проходить через рідинний шар між двома електродами; фототіньовий метод – накладання фотознімку зрошеної труби на знімок сухої; метод поглинання світлового потоку – фіксування зміни поглинання світлового потоку; метод вимірювання радіоактивних слідів в плівці рідини – фіксування рівномірно розподілених в рідині радіоактивних частинок; лазерний метод – за допомогою двох лазерів вимірюється розподіл локальних товщин плівки по поглинанню світла в забарвленій плівці; метод миттєвої відсічки живлення – визначення середньої товщини плівки по відомому розміру зрошеної поверхні та об'єму рідини; метод зважування змоченої та сухої робочої ділянки; метод нейтронної діагностики – заснований на послабленні пучку теплових нейтронів в рідині;
- методи дослідження хвильових характеристик: ємнісні та датчики опору, електроконтактний метод для вимірювання амплітуди; метод електроопору для вимірювання довжини хвиль та фазової швидкості;
- методи вимірювання дотичних напружень: метод теплового елемента – вимірюється локальний коефіцієнт тепловіддачі; електродифузійний метод – заснований на вимірюванні швидкості окисно-відновлювальної реакції на поверхні електроду; метод балансу сил – вимірювання тиску і ваги;
- методи вимірювання температури стінки, що зрошується: точкове замірювання термопарами; тензометричний метод;
- метод вимірювання профілів температур: контактний метод (за допомогою датчиків).

Перелік посилань:

1. Воронцов Е. Г., Тананайко Ю. М. Теплообмен в жидкостных пленках: монография. Киев: Техника, 1972. 196 с.
2. Тананайко Ю. М., Воронцов Е. Г. Методы расчета и исследования пленочных процессов: монография. Киев: Техника, 1975. 312 с.

ТЕПЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГНУЧКОГО ТЕРМОСИФОНУ ПРИ ЗМІНІ ЙОГО ОРІЄНТАЦІЇ В ПРОСТОРИ

Гнучкий термосифон (ГТ) – елемент системи охолодження з вставкою в корпус труби між випарником і конденсатором гнучкого елемента або ж просто труба з пластичного матеріалу з включенням звичайних металевих секцій. ГТ являються спеціальним видом теплових труб.

Модернізація та розробка нових приладів і обладнання веде до їх більшої енергоефективності, що в свою чергу призводить до значного росту теплових потоків. Відповідно розробляються і нові більш ефективні методи охолодження.

Завдяки гнучкій властивості ГТ, вони можуть використовуватися у важкодоступних місцях, в місцях де відбуваються деформації і відвід теплоти потрібно робити в різних положеннях. В даному досліді в якості ГТ використовувалася гофрована трубка 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). Основними параметрами ГТ є мінімальний термічний опір R_{min} і максимальний тепловий потік Q_{max} , для ГТ особливо важливо визначення параметрів при різних кутах вигину.

В результаті виконання даної роботи, були визначені значення термічного опору в залежності від орієнтації в просторі термосифону, а також в залежності від ступені вигину. Також були отримані значення Q_{max} що в свою чергу також залежать від кута нахилу. В якості теплоносія використовувалась дистильована вода, що є оптимальним теплоносієм для середньотемпературного діапазону використання ГТ та термосифонів а також через відсутність кородуючих властивостей пари вода-нержавіюча сталь.

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.

ПОВІТРЯНЕ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОТУЖНИХ ПРИЙМАЛЬНО-ПЕРЕДАВАЛЬНИХ МОДУЛІВ АФАР РЛС

Прогнозування погоди, сканування поверхні землі або морського дна, дослідження космічних тіл, забезпечення навігації тощо потребують застосування радіолокаційних станцій (РЛС). Проте основне призначення РЛС - це виявлення повітряних, морських та наземних об'єктів, що передбачає високу точність визначення координат та параметрів руху об'єктів. З цією метою РЛС постійно удосконалюються. Вони оснащуються активними фазованими антенними решітками (АФАР) та збільшується потужність сигналів випромінювання [1]. Досить невисокий ККД приймально-передавальних модулів антени, близько 25% [2], і суттєва залежність від температури його робочих характеристик і надійності потребують ефективної системи охолодження, оскільки значна частина енергії виділяється у вигляді теплоти і підвищує температурний режим модуля. На рис. 1 зображено схему класичної системи повітряного охолодження, коли вентилятор обдуває активні елементи модуля антенної решітки. Але така схема має вагомні недоліки – коефіцієнт тепловіддачі від поверхні до повітря обмежений, як і площа теплообміну, отже

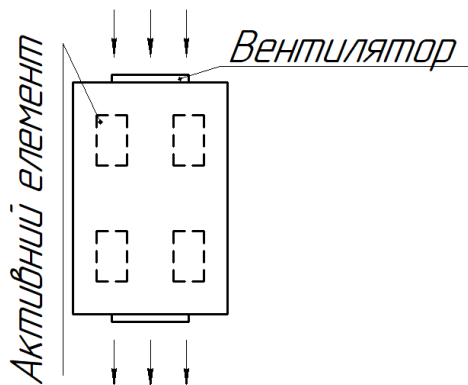


Рис.1 Класична схема повітряного охолодження модуля АФАР

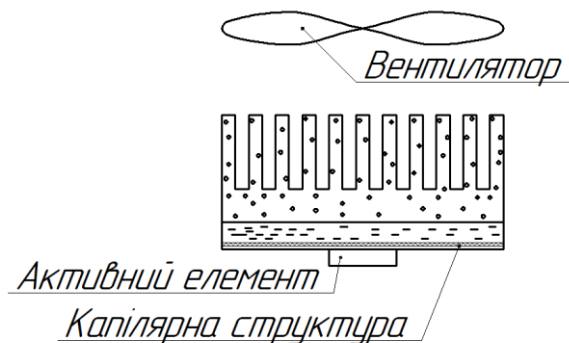


Рис.2 Комбінована схема повітряного охолодження

потрібний потужний вентилятор для забезпечення необхідної витрати теплоносія. Більш ефективним може бути комбіноване охолодження, коли в порожнині ребристої поверхні, яка обдувається вентилятором, кипить та конденсується рідина. Таким чином можна розвинути поверхню теплообміну та зменшити термічний опір радіатора та системи охолодження в цілому, зменшуючи витрати на прокачування необхідного об'єму повітря.

Метою подальших досліджень є створення макету такої системи охолодження.

Перелік посилань:

1. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Д.И. Воскресенского. Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2012 – 744 с.

2. Савенко В.А. Унификация конструкторських рішень для построения приемо-передающих модулей АФАР различных диапазонов // Электроника и микроэлектроника СВЧ, Всероссийская конференция, Санкт-Петербург, 3-6 июня 2013. – 5 с. http://mwelectronics.ru/2013/Oral/5/05_Doclad_Savenko-izmenenny%60i%60.pdf

ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДРОСЕЛЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ЦИКЛУ ДЖОУЛЯ-ТОМСОНА

Розробка та підбір обладнання холодильних установок потребують точних методів прогнозування теплової та гідродинамічної поведінки робочої речовини. Математична модель адіабатної капілярної трубки, яка слугує дроселем у наведеному циклі, може з високою точністю прогнозувати падіння тиску та термодинамічної температури для чистих речовин. Але сучасні дослідження руйнуючого впливу певних поширених холодоагентів(ХА) на озоновий шар вимагають від інженерів переходити на альтернативні ХА. Такими ХА виступають суміші чистих речовин (вуглеводні, азот, тощо).

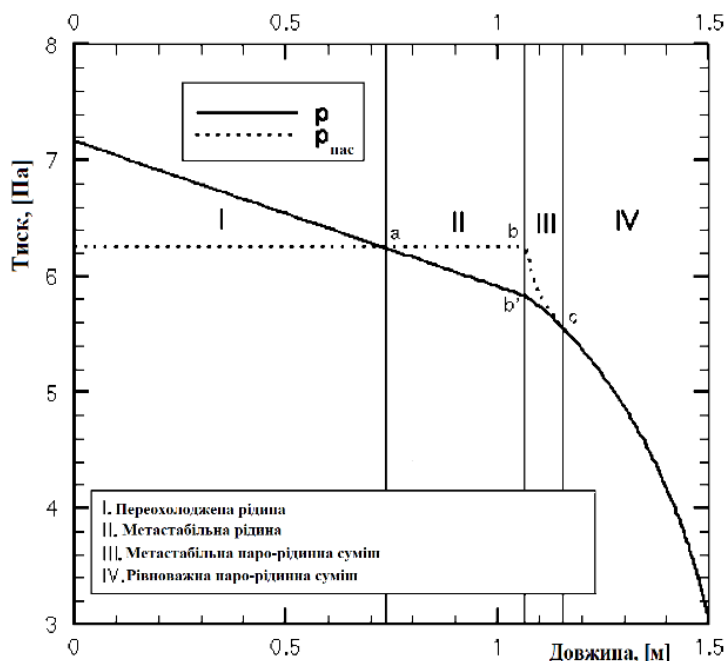


Рисунок 1. Діаграма розподілу тиску по довжині капіляру

Останні дослідження структури течії у адіабатному капілярі зосередженні на визначенні стану речовини у різних зонах: переохолоджена рідина, метастабільна рідина, метастабільна паро-рідинна суміш та рівноважна паро-рідинна суміш. Визначення меж цих зон впливає з розподілу тиску по довжині капіляру та його співвідношенні з тиском насичення. Математична модель(ММ) кожної з цих зон складається окремо, і рішення однієї ММ є початковими умовами до наступної ММ.

При розрахунках використовуються теплофізичні властивості(ТФВ) суміші ХА при прогнозованому падінні тиску

Оскільки суміші ХА неазеотропні, тобто різні компоненти суміші мають різну температуру пароутворення при однаковому тиску, хімічний склад рідкої та парової фази змінюється по довжині капіляру. Через цю зміну складу речовини, у кожній точці розрахункової схеми потрібно визначати склад та ТФВ кожної фази.

Існування метастабільної паро-рідинної суміші деякі дослідники пов'язують з ефектом проковзування парової фази над поверхнею рідини. У перерізі капіляру відсутня рівновага між рідкою та паровою фазами, через те, що відповідний до стану рідини рівноважний пар рухається з більшою швидкістю. Це не дозволяє використовувати у цій зоні диференційні рівняння стану, які базуються на термодинамічній рівновазі.

Така ММ потребує уточнення емпіричними коефіцієнтами, що отримані шляхом експерименту.

Перелік посилань:

1. O. Garcia-Valladares, C.D. Perez-Segarra, A. Oliva, Numerical simulation of capillary-tube expansion devices behaviour with pure and mixed refrigerants considering metastable region. Applied Thermal Engineering 22 (2) (2002) 173–182.

ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕВОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ АВАРИЙНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

В современной теплотехнике большое распространение имеет воздушное охлаждение разнообразных тепловыделяющих элементов. Данные системы, как и любые другие, могут выходить из строя, что несет за собой перегрев рабочих элементов, которые они охлаждают.

Разработанная и представленная схема (рис. 1) является аварийной системой для кратковременного охлаждения тепловыделяющих рабочих элементов, до снижения нагрузки, или же полного отключения, что позволяет предотвратить нежелательный перегрев этого элемента, как следствие и его разрушение.

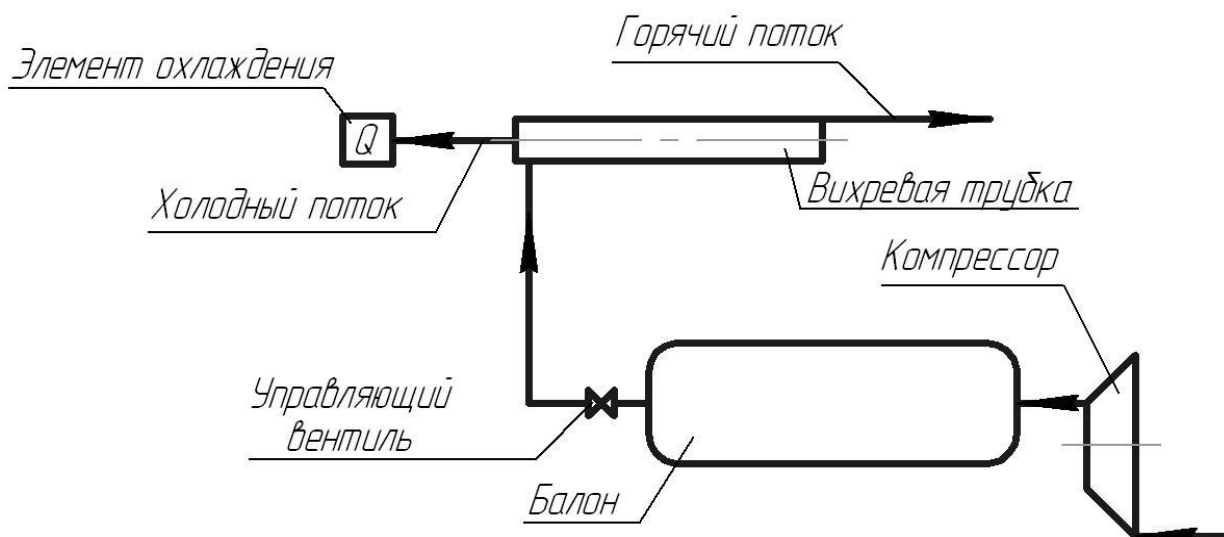


Рисунок 1 – Принципиальная схема аварийного охлаждения с использованием вихревой трубки

В данном случае основную охлаждающую роль выполняет вихревая трубка Ранка – устройство на основе вихревого эффекта – позволяет получать как охлажденный, так и нагретый воздух на основе одного и того же физического эффекта [1]. Причем данные температуры, при определенных соотношениях расходов со стороны горячего и холодного потока, могут достигать значительных величин (от -40°C с «холодной» стороны, до $+60^{\circ}\text{C}$ с «горячей» стороны).

В конкретном рассмотрении более интересна именно «холодная» сторона вихревой трубы, поскольку она имеет не только низкие температуры, но и высокие скорости выходящего потока, что приводит к значительной турбулизации потока, и, как следствие, высоким значениям коэффициента теплоотдачи. Всё это дает возможность в относительно небольшом промежутке времени отводить значительные тепловые потоки от поверхностей нагрева, что доказывает энергоэффективность таковой схемы аварийного охлаждения.

Перечень ссылок:

1. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике / Меркулов А.П. – Самара: Оптима, 1997. – 184 с.

Студентка 4 курсу, гр. ТФ-41 Лосінець Д.М.
Доц., д.т.н. Кравець В.Ю.

ІНТЕНСИВНІСТЬ ТЕПЛОВІДДАЧІ У ЗОНІ НАГРІВУ МІНІАТЮРНИХ ТЕПЛОВИХ ТРУБ

Для найбільш ефективної передачі теплової енергії від одного джерела до іншого споживача застосовуються теплові труби. Теплова труба володіє дуже високою еквівалентною теплопровідністю. На інтенсивність тепловіддачі у зонах теплообміну мініатюрних теплових труб (МТТ) впливає дуже багато факторів. Істотний вплив мають: діаметр парового простору, довжини зон випаровування та конденсації, загальна довжина МТТ, вид теплоносія та його теплофізичні властивості, а також орієнтація МТТ у просторі[1].

Метою цього дослідження є визначення залежності інтенсивності тепловіддачі від питомого теплового потоку в залежності від довжин зон нагріву і конденсації, а також орієнтації у просторі МТТ зовнішнім діаметром 3 мм та довжиною 296 мм. Діаметр парового простору рівний 1,2 мм, пористість капілярно-пористої структури складала 88%. МТТ розташовувалась під кутами $+45^{\circ}$, $+0$ та $+90$. Зона нагріву змінювалась (15 мм, 45 мм, 60 мм) і також змінювалась довжина зони конденсації (130 мм і 162 мм). На рисунку 1 показані результати досліджень.

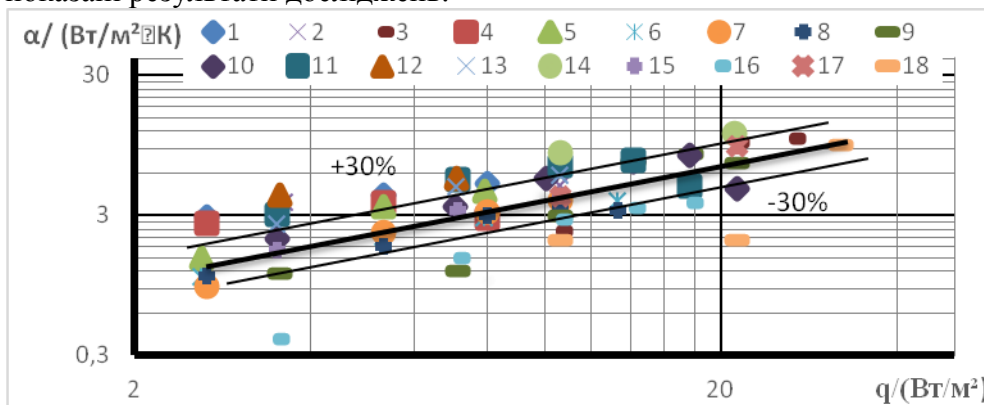


Рисунок 1- Залежність $\alpha_{zn}=f(q_{zn})$: 1-ЗН=60мм, кут $+90$, ЗК=130мм; 2-ЗН=45мм, кут $+90$, ЗК=130мм; 3-ЗН=15мм, кут $+90$, ЗК=130мм; 4-ЗН=60мм, кут $+45$, ЗК=130мм; 5-ЗН=60мм, кут $+0$, ЗК=130мм; 6-ЗН=60мм, кут $+90$, ЗК=162мм; 7-ЗН=60мм, кут $+0$, ЗК=162мм; 8-ЗН=60мм, кут $+45$, ЗК=162мм; 9-ЗН=45мм, кут $+90$, ЗК=162мм; 10-ЗН=45мм, кут $+45$, ЗК=162мм; 11-ЗН=45мм, кут $+0$, ЗК=162мм; 12-ЗН=45мм, кут $+0$, ЗК=130мм; 13-ЗН=45мм, кут $+45$, ЗК=130мм; 14-ЗН=15мм, кут $+0$, ЗК=130мм; 15-ЗН=15мм, кут $+45$, ЗК=130мм; 16-ЗН=15мм, кут $+90$, ЗК=162мм; 17-ЗН=15мм, кут $+0$, ЗК=162мм; 18-ЗН=15мм, кут $+45$, ЗК=162мм.

В результаті дослідження була отримана залежність, яка узагальнює 80% експериментальних даних з розкидом $\pm 30\%$:

$$\alpha_{zn} = 0,82 \cdot q^{0,7}$$

Таким чином, можна зробити висновок, що α_{zn} можна розрахувати по отриманій залежності для МТТ діаметром 3 мм і різних довжинах зон нагріву і конденсації.

Перелік посилань:

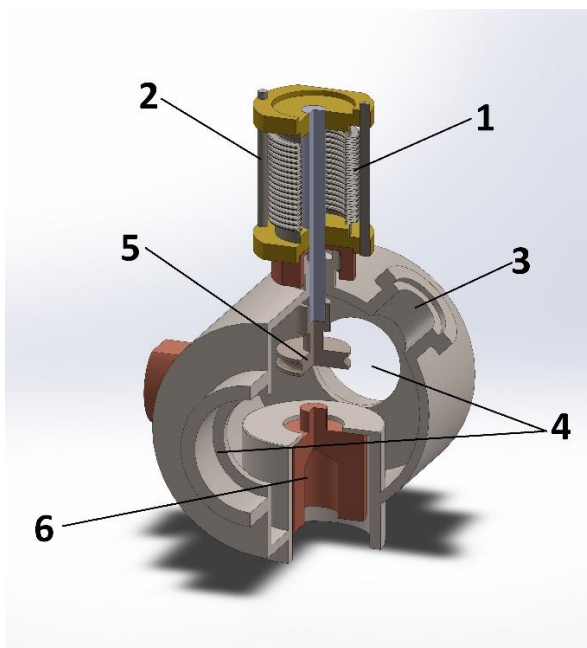
1. Федасюк Д.В. Методи та засоби теплового проектування мікроелектронних пристроїв/ Д.В. Федасюк– Львів: Видавництво Державного університету “Львівська політехніка”, 1999. – 228 с

ПРОЦЕССЫ КИПЕНИЯ ЖИДКОСТИ В НАСЫЩЕННЫХ КАПИЛЛЯРНЫХ СТРУКТУРАХ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО ПРОСТРАНСТВА

Исследование характеристик паровых камер (ПК) носит приоритетный характер в связи с тем, что они широко используются при термостабилизации РЭА. Современный уровень развития электроники накладывает жесткие ограничения на габариты устройств как в целом так и на их компоненты. Это приводит к миниатюризации систем, в частности систем охлаждения. Как результат в реальных ПК, некоторая стесненность вносит свое влияние на их теплопередающие характеристики. Также множество других факторов накладывают свои ограничения, которые имеют влияние на работу устройства в целом.

Цель работы – исследовать коэффициенты теплоотдачи при работе ПК, с учетом стесненности. В дополнение, чтобы максимально приблизиться к реальным условиям функционирования, уровень теплоносителя в капиллярной структуре поддерживается на уровне достаточном для ее насыщения.

В связи с этим предложена конструкция экспериментального стенда, представленная на рисунке



Ограничение пространства над экспериментальным образцом производится при помощи обогреваемого ограничителя 5 перемещение которого регулируется регуляторами 2. Герметичность соединения обеспечивается сильфоном 1. Так как система герметична, предусмотрен охладитель, при помощи которого часть паров будет конденсироваться и возвращаться в рабочий объем камеры через выход 3. Подвод теплового потока осуществляется нагревателем 6, который работает по принципу теплового клина. Тепловой поток определяется при помощи термопар вмонтированных в верхнюю часть нагревателя.

Смотровые окна 4 предназначены для визуального наблюдения процессов происходящих на образцах КС.

Результаты работы помогут получить более полную картину процессов, происходящих при работе миниатюрных теплопередающих устройств, основанных на испарительно-конденсационном замкнутом цикле.

УДК 536.212.3

Студент 4 курсу, гр. ТФ-41 Могильний А.О.
Асист. Семеняко О.В.

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ

Для низькотемпературних систем, що працюють при атмосферному тиску однією з найважливіших характеристик, що визначають ефективність їх роботи, є теплопровідність. Процес теплообміну в газонаповнених системах, якими і є теплоізоляційні матеріали, є основним для визначення коефіцієнта теплопровідності. Передача теплоти в таких системах здійснюється за допомогою:

- кондуктивної теплопровідності твердого скелета, що утворює пористу структуру матеріалу;
- кондуктивної теплопровідності газу, що знаходиться в капілярах або осередках пір;
- випромінювання між стінками пор (радіаційна теплопровідність);
- конвекції внаслідок переміщення газу в пористій структурі ізоляції.

Для спрощення теплових розрахунків на практиці використовується залежність, заснована на законі Фур'є, справедлива, лише для твердих тіл. Коефіцієнт теплопровідності ізоляційних матеріалів (ефективна теплопровідність) є сумарною характеристикою $\lambda_{\text{еф}} = \lambda_q + \lambda_p + \lambda_k$, де λ_q - сумарна кондуктивна теплопровідність твердого скелета і газу всередині пор; λ_p - радіаційна теплопровідність; λ_k - конвективна теплопровідність [1]. Ефективна теплопровідність є складною функцією, що залежить від багатьох факторів: температури, тиску газу в порах, розміру пір, ступеня чорноти стінок капілярів і осередків і ін., що роблять різний вплив на величину коефіцієнта теплопровідності. Для низькотемпературної теплоізоляції необхідно також врахувати вплив вологовмісту матеріалу. Для цього в величину теплопровідності матеріалу в сухому стані вводять окремо розраховуються поправочні коефіцієнти або добавки. Дослідити теплопровідність теплоізоляції можна як експериментальним шляхом, так і за допомогою теоретичного розрахунку.

Якщо розглядати вплив окремих факторів на коефіцієнт ефективної теплопровідності (об'ємна маса і розмір пір, температура, хімічний склад і молекулярну будову твердого скелета, коефіцієнт випромінювання поверхонь який обмежує пори, тиск газу в порах, вологість), то можна сформулювати якими мають бути ці фактори для оптимального підбору теплової ізоляції.

Найбільш ефективними за теплопровідністю серед волокнистих матеріалів є ті матеріали, у яких найменші об'ємна маса і діаметр волокна. Однак в низькотемпературних установках вони піддаються інтенсивному зволоженню. Якщо для високотемпературного застосування переважний вплив на теплопровідність надає температура матеріалу, то при низькотемпературному використанні вплив температури поступається впливу вологості. Теплопровідність пористих матеріалів в основному залежить від об'ємної маси, причому мінімум цієї залежності доводиться на діапазон 40...90 кг/м³. Розмір осередків має обмежений вплив на теплозахисні властивості. При зниженні температури теплопровідність матеріалів зменшується, причому за рахунок високого опору зволоженню зниження їх теплозахисних властивостей в кілька разів менше, ніж у волокнистих матеріалів. Більш ефективні по теплопровідності за весь строк служби матеріали з найменшою здатністю до зволоження (найменш паропроникні).

Перелік посилань:

1. Гурьев В.В. и др. Тепловая изоляция в промышленности. Теория и расчет. 2003.

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЛІ НА БАЗІ СИСТЕМИ АКТИВНОГО УТЕПЛЕННЯ-ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ

В контексті постійного підвищення цін на енергоресурси постає питання найефективнішого використання останніх. Важливим питанням зменшення споживання енергії є енергоефективність будівель [1]. Аналіз існуючої літератури показав, що системи з використанням термоактивних конструкцій є оптимальним рішенням при модернізації існуючих старих будівель до рівня енергопасивних категорій, а також при заміні систем опалення, які вичерпали свій ресурс. Оскільки система активного утеплення-опалення охолодження [2] компенсує тепловтрати, то необхідно оцінити температурний стан приміщень при застосуванні даних систем.

При цьому, вирішується декілька важливих питань:

- 1) збільшення опору теплопередачі огороджуючих конструкцій;
- 2) приведення будівель до існуючих норм енергоефективності;
- 3) забезпечення низького рівня вологості конструктивних елементів та утеплювача;
- 4) рівномірність розподілення теплового навантаження по будівлі;
- 5) нормований вологісний стан приміщень за рахунок відсутності ефекту значної дифузії вологи через огорожуючі конструкції, що дають стандартні системи обігріву; це покращує теплоізоляційні властивості утеплювача та конструктивних матеріалів та не допускає утворення грибків;
- 6) підвищується теплова інерційність будівлі, що дозволяє застосовувати будинок як тепловий акумулятор для роботи системи за зниженим нічним тарифом;
- 7) забезпечується опалення та кондиціонування приміщення за рахунок того, що контури, які гріють, розташовуються ззовні, також виключено утворення конденсату на межі утеплювач-стінка.

Система являє собою теплообмінний контур, що монтується на фасаді будівлі та ззовні покривається шаром теплоізоляції в 150...200 мм. Довжина контурів 50...60 м, крок укладання труби (спосіб укладання меандр) 200...250 мм. Контури з'єднуються в загальну магістраль, утворюючи гідравлічно урівноважений контур (схема Тихельмана).

Було отримано температурні розподіли та рівень споживання енергії для двох варіантів – існуючої системи (радіаторна двотрубна система центрального тепlopостачання) та системи термоактивного утеплення (автономна система із застосуванням теплових насосів). В результаті моделювання визначено, що застосування запропонованої системи скоротить сезонне теплоспоживання енергії будівлі на опалення у 7...8 разів. Більше того, з'явиться можливість кондиціонування будівлі із застосуванням даної системи. При цьому досягається значний комфорт в приміщеннях за рахунок відсутності потоків повітря з температурою +15...+19 °С. Зникає необхідність встановлювати високовартісні мультиспліт системи для охолодження приміщень.

Перелік посилань:

1. P. Gregor Henze, Clemens Felsmann, Doreen E. Kalz, Sebastian Herkel "Primary energy and comfort performance of ventilation assisted thermo-active building systems in continental climates" Energy and Buildings vol. 40, pp. 99–111, 2008.
2. Ecocolt [Online] <http://ecocolt.com/>

CFD-МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЗДОВЖНЬОГО ОБТІКАННЯ ТРУБИ З СПРАЛЬНО-ПРОВОЛОЧНИМ ІНТЕНСИФІКАТОРОМ

Важливість підвищення теплових характеристик теплообмінників викликала розвиток і використання методів інтенсифікації теплообміну. Дані методи підвищують конвективну тепловіддачу, знижуючи тепловий опір в теплообміннику. Проте зростання коефіцієнта тепловіддачі відбувається за рахунок росту коефіцієнта тертя [1].

В роботі [2] експериментально досліджено зростання тепловіддачі при повздовжньому омиванні спірального дроту навколо труби водою. Встановлено, що ріст кроку намотки позитивно впливає на тепловіддачу, підвищуючи тепловіддачу у понад 2 рази в порівнянні з гладкою трубою. Дослідження зміни гідравлічного опору в даній роботі не проводилось.

При чисельних дослідженнях ефективності інтенсифікатора при повздовжній течії води, є мало інформації для випадку обтікання повітрям. З огляду на різні теплофізичні властивості двох середовищ, постає необхідність дослідження теплообміну на трубі при розміщенні спірального дроту при повздовжньому обтіканні повітрям.

З цією ціллю був поставлений чисельний експеримент із використанням пакету програмного забезпечення Ansys Fluent. Модель базується на числовому вирішенні рівнянь нерозривності, імпульсу і енергії. Оскільки в задачі присутній ефект закручування потоку, вибір моделі турбулентності залежав від безрозмірного числа Swirl Number. В результаті k-ε realizable модель турбулентності показала високу відповідність із експериментальними даними.

В представленій роботі проаналізовано три конфігурації інтенсифікатора із незмінним діаметром проволочки 1,5 мм і кроками намотки 12, 15, 20 мм. На рис. 1 ілюструється залежність ефективності інтенсифікатора (інтенсифікована тепловіддача / коефіцієнт тертя турбулізатора) відносно гладкої труби від числа Рейнольдса.

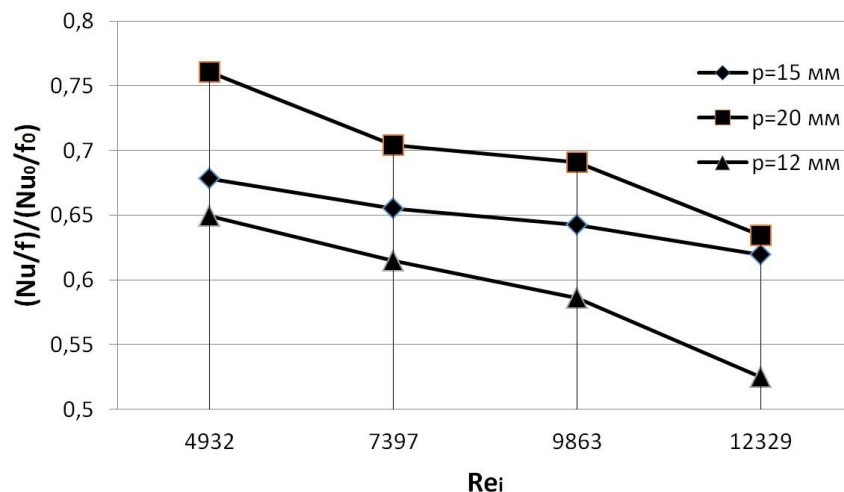


Рис. 1 – залежність ефективності інтенсифікатора відносно гладкої труби від Re для намоток з різним кроком

Перелік посилань

1. Лаптев А., Методы интенсификации и моделирования тепломассообменных процессов. Учебное-справочное пособие. [Текст]- М.: «Теплотехник», 2011. – 335с.
2. Zohir A. Heat Transfer Characteristics in a Double-Pipe Heat Exchanger Equipped with Coiled Circular Wires [Text] / Zohir A, Habib M. // 2014. - №28. – p. 531-545.

КОНСТРУКЦІЇ ПЕРЕТВОРЮВАНОВОГО ОБ'ЄМУ

В умовах активного освоєння космосу, та все частішої доставки на навколосезну орбіту елементів аерокосмічної техніки актуальним питанням є розробка конструкцій оболонкового типу, як найбільш дешевих та зручних в плані виведення на орбіту. Розвиток техніки визначає необхідність в оболонках більших габаритів, діапазон застосування яких обмежується або умовами доставки, або дороговизною. Тому цікавими є конструкції перетворюваного об'єму (КПО), які відрізняються зручністю використання.

КПО поділяються на: жорсткі, побудовані на основі трансформованого каркаса та несучі м'які [1]. За типом перетворювання: шляхом створення надлишкового тиску у внутрішній порожнині, і за допомогою механічної трансформації несучого каркасу. Найбільш цікавими є жорсткі КПО, як такі, що не вимагають постійної підтримки надлишкового тиску.



Рис.1. КПО кінцевого типу

У зв'язку з прагненням до зменшення маси жорсткі КПО виконують мінімальної товщини, при якій забезпечується міцність конструкції. Теплові процеси в умовах космосу при циклічному нагріванні-охолодженні характеризуються високими градієнтами температур, що значно впливають на напружено-деформований стан конструкції.

В умовах відсутності на навколосезній орбіті конвективної складової теплообміну, вирішальне значення для теплового режиму КПО мають термооптичні характеристики конструкційного матеріалу оболонки, що визначають процеси радіаційного обміну з оболонкою.

Існують аналітичні розрахунки [2], які вказують можливі межі термооптичних характеристик КПО, при яких виконуються умови безпеки та надійності конструкції. Однак, у зв'язку зі складністю процесу актуальним питанням є проведення числового моделювання типової КПО в програмному пакеті ESATAN, що дозволяє обчислити температурне поле орбітального об'єкту методом зосереджених параметрів.

Перелік посилань

1. Патон Б.Е., Лобанов Л.М., Волков В.С. Конструкции преобразуемого объема (обзор). Журнал «Автоматическая сварка», №12(704),2011,С.30-39

2. Leonid M Lobanov, Valentin S. Volkov, Alexander V. Yakimkin, Viktor V. Savitsky. Functional characteristics improvement of metal transformable-volume structures for space applications, Journal of Aerospace Technology and Management Vol.8, No 1, pp.55-62, Jan.-Mar., 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5028/jatm.v8i1.529>.

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО СТАНУ НАНОСУПУТНИКА

Сучасний рівень розвитку науки в значній мірі досягнуто завдяки інтенсивному освоєнню космосу і використанню результатів космічних досліджень. Для вивчення ряду науково-технічних проблем часто застосовуються різноманітні космічні апарати та обладнання, що дозволяють проводити наукові спостереження і експерименти в різних сегментах космічного простору. В даний час, використання наносупутників (НС), маса яких не перевищує 10 кг, розглядається як найбільш перспективний напрямок вивчення навколишнього середовища і глобального моніторингу Землі.

Перевагою НС є їх невелика вартість, маса і габарити, можливість проведення серії експериментів з дослідження поверхні і атмосфери Землі, одночасно, в багатьох місцях і за короткий час [1]. Наносупутники можна створити в стислі терміни невеликими колективами, в тому числі студентськими. Науковці й студенти КПІ ім. Ігоря Сікорського не відстають від тенденцій й наразі займаються розробкою НС PolyITAN-3.

Архітектура НС представляє собою: каркас (зазвичай, алюмінієвий сплав) [2], корисне навантаження, підсистеми визначення положення, керування, зв'язку та живлення.

Актуальним питанням є розробка та вдосконалення існуючих систем терморегулювання НС, оскільки необхідно забезпечити робочий діапазон температур елементів, при якому всі підсистеми будуть працювати справно. Також варто зазначити, що підвищення ефективності систем терморегулювання сприятливо впливає на масу НС, як наслідок це здешевлює його запуск на орбіту. Для вибору необхідних систем терморегулювання необхідно провести моделювання теплового стану НС.

Метою моделювання теплового стану є знаходження зовнішніх теплових потоків (сонячне, земне та відбите поверхнею Землі сонячне випромінювання) спрямованих на НС та отримання поля температур.

З цією метою в програмному пакеті ESATAN, що базується на методі зосереджених параметрів, розроблена модель наносупутника PolyITAN-3. Припускається, що всі теплофізичні властивості постійні в даному діапазоні температур, заданою є геометрія, оптичні властивості та внутрішні джерела теплоти. Проміжним результатом розрахунку є зовнішнє теплове навантаження, як функція від часу. Ці дані дуже важливі, оскільки будуть використані при експерименті – моделюванні теплового стану НС у вакуумній камері, що дозволить уточнити результати комп'ютерного розрахунку.

Кінцевим результатом розрахунку є поле температур НС. Отримані температури повністю задовільняють умови надійного функціонування апаратури, отже розроблена система терморегулювання є задовільною.

Перелік посилань

1. Maria-Mihaela Burlacu. Performance analysis and routing in nanosatellite constellations models and applications for remote regions. Other [cs.OH]. Universit? de Haute Alsace - Mulhouse, 2010. English.
2. Craig L. Stevens, "Design, Analysis, Fabrication, and Testing of a Nanosatellite Structure," M.S. thesis, Dept. Aerospace Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, 2002.

ВПЛИВ ДОВЖИНИ ЗОНИ НАГРІВУ НА ТЕПЛОПЕРЕДАЮЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МІНІАТЮРНОГО ТЕРМОСИФОНА

Двофазні термосифони є одним з різновидів ефективних теплопередаючих пристроїв, що працюють в автономному режимі, в яких відсутній гніт. Теплопередаючі характеристики термосифонів залежать як від режимних параметрів (величина теплового потоку в зоні нагріву, температура у зоні конденсації), так і від геометричних характеристик (загальної довжини термосифона, внутрішнього діаметра, довжини зон нагріву і конденсації) [1]. З часом технології удосконалюються зокрема електроніка, яка стає потужнішою та зменшується в розмірах при цьому виділяючи більші теплові потоки, які необхідно відводити, для запобігання перегріву та виходу із ладу. Для охолодження приладів в деяких випадках використовуються термосифони. При цьому, вплив геометричних характеристик на теплопередаючі характеристики термосифона досі не вивчено досконало.

Метою даного дослідження було визначення впливу довжини зони нагріву на значення максимального теплового потоку і термічного опору термосифону з внутрішнім діаметром $5 \cdot 10^{-3}$ м і довжиною 0,7 м, заправленого водою. Коефіцієнт заповнення K_z термосифонів 0,5. Термосифон був розташований вертикально – кут 90° . На рис. 1,2 представлено результати дослідження.

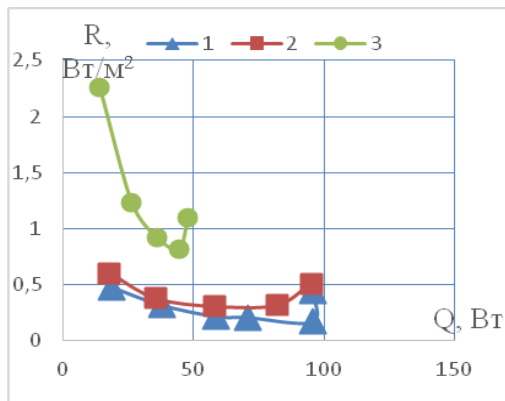


Рис. 1. Залежність термічного опору R від теплового потоку Q :
1-200 мм, 2-135 мм, 3-45 мм

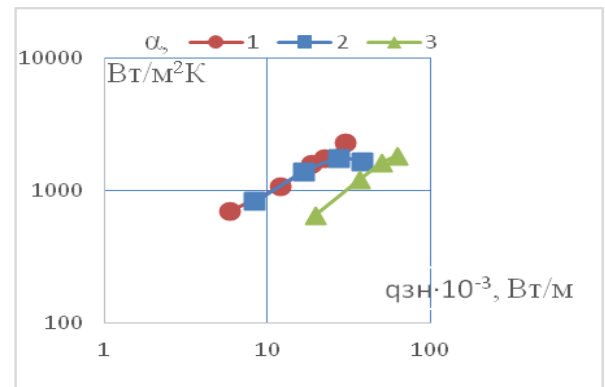


Рис. 2. Залежність коефіцієнта тепловіддачі в зоні нагріву від теплового потоку: 1-200 мм, 2-135 мм, 3- 45мм.

Експериментальні дослідження показали (рис.1), що зі зменшенням довжини зони нагріву збільшується значення термічного опору. Максимальні теплові потоки, які розраховуються при мінімальних термічних опорах також залежить від довжини зони нагріву. Для термосифону з зоною нагріву 200 і 135 мм $Q_{\text{max}} \approx 100$ Вт, а для 45 мм $Q_{\text{max}} \approx 40$ Вт. Для даних термосифонів дані узагальнюються залежністю $\alpha = c \cdot q^{0.6}$ (рис. 2), де для 200 мм $c = 186$, 135 мм $c = 300$, а для 45 мм $c = 50$.

Таким чином проведені дослідження показали, що на теплопередаючі характеристики термосифонів суттєво впливають довжини зони нагріву, яка обирається в залежності від теплової потужності елемента охолодження або геометричних розмірів приладу.

Перелік посилань:

1. Безродный М.К. Процессы переноса в двухфазных термосифонных системах. Теория и практика/ М.К.Безродный, И.Л. Пиоро, Т.О. Костюк// – К: Факт, 2005. – 704 с.

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РОБОЧОЇ РІДИНИ, ЯКА ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ В ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧІ КРІОТЕРАПЕВТИЧНОГО АПАРАТУ

Основними теплообмінними апаратами холодильної машини є випарник і конденсатор, від інтенсивності протікаючих процесів в яких в значній мірі залежить ефективність роботи холодильної машини в цілому.

Аналіз результатів досліджень в [1, 2] показав, що застосування суміші хладагентів порівняно з використанням однокомпонентного робочого тіла дає наступні переваги: підвищення енергетичної ефективності термодинамічних циклів при різних температурних рівнях; реалізація низькотемпературного циклу при одноступінчастій схемі; істотне зниження негативного впливу хладагентів, що використовуються на екологічний стан.

Використання різних бінарних сумішей хладагентів, як робочих тіл, холодильних машин вимагає детального дослідження процесів кипіння і конденсації цих сумішей в необхідному діапазоні зміни основних режимних параметрів.

Експериментальне дослідження теплообміну при кипінні водоаміачного розчину вперше проведено В.Н. Філаткіним [1]. В роботі показано, що при кипінні водоаміачного розчину коефіцієнт тепловіддачі визначається тиском насичення, густиною теплового потоку та концентрацією компонентів суміші.

В роботі [3] проведено експериментальне дослідження інтенсивності тепловіддачі при кипінні бінарної суміші R142/R11 у великому об'ємі на одиночній горизонтальній мідній трубці. Встановлено, що мінімум інтенсивності тепловіддачі відповідав максимальній різниці концентрацій R142 в паровій та рідкій фазах. З ростом густини теплового потоку на поверхні трубки досягається мінімум тепловіддачі, а вплив тиску в зазначеному діапазоні його зміни знаходився в межах похибки вимірювань.

Для кріотерапевтичного апарату було підбрано теплообмінник-випарник з примусовою циркуляцією повітря. По змійовику протікає робоча рідина – суміш хладагентів, ззовні змійовик обдувається повітрям, в результаті теплообміну – повітря охолоджується до заданого температурного рівня.

В результаті проведеного аналізу експериментальних досліджень для обраного теплообмінника-випарника було підбрано суміш фреонів R32/R125 для циклу охолодження повітря в кріотерапевтичному апараті до температури -45°C . Обрана суміш фреонів має високу питому хладопродуктивність і безпечним для навколишнього середовища.

Перелік посилань:

1. Філаткин В.Н. Теплообмен при кипении водоаммиачного раствора // Холодильная техника. 1957, №4, с. 23 - 29.
2. Иванов О.П. Исследование теплообмена при кипении смесей фреона-12 и фреона-22 // Холодильная техника. 1966, №4, с. 27 – 29.
3. Букин В.Г., Шуршев В.Ф., Данилова Г.Н. Экспериментально исследование теплообмена при кипении смеси R22/R142B в испарителе холодильной машины // Холодильная техника. 1996, №3, с. 10 – 11.
4. Jungnickel H., Wassilew P., Kraus E. Investigation on the heat transfer of boiling binary refrigerant mixtures // Int. J. Refrigeration. 1980, Vol. 3, P. 129 –133.

РЕКОНСТРУКЦІЯ ПАРОВИХ КОТЛІВ З ПЕРЕВЕДЕННЯМ У ВОДОГРІЙНИЙ РЕЖИМ І ОРГАНІЗАЦІЄЮ СПАЛЮВАННЯ ВІДХОДІВ ДЕРЕВООБРОБКИ В НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОМУ КИПЛЯЧОМУ ШАРІ

На сьогодні, спостерігається така тенденція, що ціна природного газу для України щорічно зростає, - це пов'язано як з геополітикою, так і з приведенням вартості газу до реальної ринкової. Одним з небагатьох рішень даної проблеми може бути заміщення природного газу на місцеві альтернативні види палива, зокрема на біомасу. Підвищення вартості газу стало саме тим самим важелем, завдяки якому енергоефективність котлів стала основним показником при їх виборі. Потенціал біомаси для її енергетичного використання складає 13373 т. ум. пал. для економіки України.

Таким чином, різні види біомаси, а саме: деревна тріска, лузга соняшника, пелети, можуть бути використані в теплогенеруючих агрегатах з метою заміщення природного газу. Проте для успішного її використання необхідно застосовувати сучасні технології спалювання палив. Для заміщення природного газу в парових котлах може бути використана технологія спалювання біомаси в низькотемпературному киплячому шарі.

Концепція технології спалювання в традиційному низькотемпературному киплячому шарі полягає в тому, що спалювання палива відбувається в ванні розпеченого інертного матеріалу, причому масова частка палива в обсязі всього шару не перевищує 2-10%. В результаті активного перемішування (кипіння), процеси теплообміну в киплячому шарі протікають надзвичайно інтенсивно, відбувається швидка і ефективна підготовка (випаровування вологи, вихід летючих) частинок палива і їх згоряння. За рахунок високих швидкостей реакцій між газом і твердою фазою, а також ефекту зіткнення часток між собою значення коефіцієнта теплопередачі в низькотемпературному киплячому шарі в кілька разів перевищують ті ж значення для звичайних способів спалювання. Всі ці фактори дозволяють спалювати самі низькосортні і низькокалорійні палива, спалювання яких в традиційних топкових пристроях вкрай неефективне, а часом і неможливе.

За час історичного розвитку топкові камери котлів пройшли певний етап еволюції з вдосконаленням їх конструкцій. Топки з можливістю спалювання палива в низькотемпературному киплячому шарі включають в себе повітророзподільні ґрати ковпачкового типу, підрешітчастий повітряний короб, комплектуються розпалювальним пристроєм (на дизельному паливі, або газі) та пристроєм вивантаження матеріалу шару.

Використання ковпачкової решітки провального типу, забезпечує оновлення (виведення) матеріалу шару по всьому перетину решітки. Дана решітка також оснащується функцією селективного видалення золо-шлакових відходів, для чого передбачений позонний моніторинг температури шару. В разі зростання температури вище критичного рівня здійснюється введення під решітку газів рециркуляції і, опціонально пари від лінії власних потреб котла. Це дасть змогу отримати суттєвий економічний ефект за рахунок більш низької вартості біомаси та її високих екологічних показників.

Крім того, велика кількість промислових підприємств була оснащена технологічними паровими котлами, але зі зміною економічної кон'юнктури ці потужності стали непотрібні, але вказані котли можна використати для децентралізованого опалення приміщень. До основних переваг переведення парових котлів у водогрійний режим можна віднести:

- Підвищення ККД котла на 10%.
- Економія капітальних вкладень на реконструкцію.
- Виведення з експлуатації застарілого обладнання.

МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ОКСИДІВ АЗОТУ ПРИ СПАЛЮВАННІ ОРГАНІЧНИХ ПАЛИВ

В Україні на період до 2030 року при теплозабезпеченні великих міст планується використовувати, як основне паливо - природний газ, а як допоміжне – мазут.

Оксиди азоту можуть виникати в зоні горіння всіх палив за трьома відомими механізмами [1]:

- 1) «Термічний», що залежить від температури;
- 2) «Швидкий», що діє на початку зони горіння;
- 3) «Паливний», що залежить від вмісту азоту в паливі та надлишку повітря.

В даній роботі автори доповіді (Брой Б.Ю, Мариненко В.І.) на основі розробок Інституту газу НАН України виконали оглядовий аналіз методів подавлення оксидів азоту в котлах. Існують різні методи зниження викидів оксидів азоту в атмосферу. Автори Інституту газу НАН України в роботі [1,2] розглядають як впливають на утворення NO_x такі основні фактори – зниження максимальної температури в зоні горіння шляхом її розбавлення більш холодними продуктами згорання та зниження концентрації реагуючих речовин, що беруть участь у хімічних реакціях.

В Інституті газу проводили експеримент при спалюванні природного газу, характеристика якої аналогічна з характеристиками газу, який спалюється в котлах котельні міста Києва. Подача димових газів рециркуляції в природний газ була реалізована в двох барабанних котлах та показала велику ефективність по зниженню викидів оксидів азоту.

При змішенні з природним газом 10% баластувальних газів досягнуто зниження NO_x , в випадку використання N_2 - на 52%, CO_2 – на 95%. Змішення газів рециркуляції (продукти згорання) при коефіцієнті рециркуляції $r = 10$ з природним газом в пальниковому пристрої знижує вихід оксидів азоту на 44%, а при їх подачі в суміші з дуттьовим повітрям на 24%. Змішення CO_2 з дуттьовим повітрям (при $r = 10$) знижує вихід оксидів азоту на 34%.

Зниження викидів токсичних газоподібних речовин в атмосферу повинно поєднуватись з неперервним зниженням викидів твердих сажістих частинок, тому необхідно встановлювати пальникові пристрої, що забезпечать згорання мазута без істотного викиду сажі в атмосферу. Такі пальникові пристрої розроблені і розробляються в Інституті газу НАН України.

Перелік посилань:

1. Сигал И. Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива / Недра, Ленинград, 1988.
2. Сигал И.Я, Смихула А.В., Дубоший А. Н., Горбунов А. В., Горбунов А. А. / Снижение образования оксидов азота при сжигании природного газа / / Энерготехнологии и ресурсосбережение. - 2016. - № 4. - С. 44-51.

УДК 536.423.1

Магістрант 5 курсу, гр. ТК-71мп Гриценко О.В.
Доц., к.т.н. Мариненко В.І.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОТЛА НІСТ-5 З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ККД

В даний час в системі житлово-комунального господарства України працює близько 6000 котлів, з яких 4300 - котли типу НІСТ-5 продуктивністю 0,3 - 0,5 МВт. Всі ці котли мають експлуатаційний ККД на рівні не вище 72 - 80%. Низький ККД обумовлений високим значенням температури відхідних газів (приблизно 240 °С) за котлом. Трубна частина показана на рис. 1.

Автори на основі робіт Інституту Газу НАН України [1, 2] виконали оглядову доповідь з реконструкції котла НІСТ-5 за рахунок наступних конструкторських рішень:

- 1) Встановлення одного ряду гладких металевих труб діаметром 32x3 мм у вихідному газоході котла;
- 2) Встановлення двох рядів гладких металевих труб діаметром 28x3 мм у вихідному газоході котла;
- 3) Встановлення одного ряду біметалевих круглих оребрених труб з діаметром металеві труби 32x3 мм у вихідному газоході котла.

Реконструкція вищезазначених котлів дозволить підвищити ККД котла до 92 - 93% та знизити температуру відхідних газів до 120 °С, що дасть можливість заощадити в Україні до 150 млн. м³ природного газу за рік.

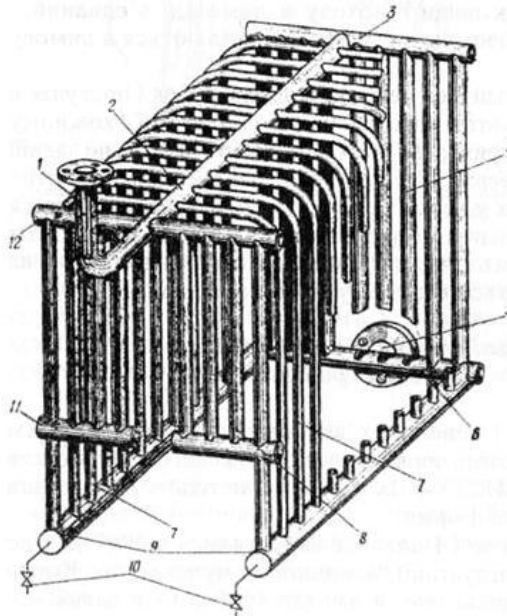


Рисунок 1. – Трубна частина котла НІСТ-5.

колектори: 1 – виходу води на використання; 2 – верхній; 3 – верхній заднього топочного екрану; 5 – входу води в котел; 6 – нижній заднього топочного екрану; 9 – нижніх бокових топочних екранів; 11 – нижні переднього топочного екрану; 12 – верхній переднього топочного екрану; *труби топочних екранів:* 4 – заміна заднього; 7 – бокового; 8 – переднього; 10 – вентилі на продувочних лініях.

Перелік посилань:

1. Патент UA 56293 від 10.01.2011р. Котел. Автори: Сігал О. І., Кучин Г.П., Бикоріз Є. Й., Капітонов В. І., Лавренцов Є. М., Скрипко В. Я. .
2. Реконструкція котлов НІИСТУ-5 с целью повышения КПД при сжигании природного газа [Електронний ресурс] // Інститут Газу НАН України – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ingas.org.ua/index.files/Page2772.htm>.

НАПРЯМОК РЕКОНСТРУКЦІЇ ПИЛОВУГІЛЬНИХ КОТЛІВ ПРИ ПЕРЕВЕДЕННІ НА ІНШИЙ ВИД ПАЛИВА

Повне заміщення антрацитового та пісного вугілля на ТЕС України газовим вимагає всебічних економічних розрахунків. Показано необхідність врахування наступних факторів при використанні газового вугілля замість антрацитового та пісного у такому: реконструкції системи пилоприготування з установкою нової системи вибухо- та пожежобезпекн для більш пожежобезпечного та вибухового пиловугільного палива; заміни або реконструкції пальників; оцінки можливості досягнення максимальної паропродуктивності котлоагрегату; визначення робочого діапазону навантажень на новій марці вугілля, крім того, визначення умов виходу шлаку та відкладення золи на поверхнях нагріву. Найбільші труднощі для переведення ТЕС з проектного палива - антрацитових марок вугілля - на газіві виникають при реконструкції системи пилоприготування, тому для безпечної сушки та транспортування вугільного пилу газового вугілля необхідне використання сушильного агента з концентрацією кисню не більше 16 %. Для зниження концентрації кисню в пилосистемі в сушильний (він же транспортний) агент необхідно здійснити присадку інертних газів (димові гази) [1].

Для переведення котлів з антрацитового вугілля на газове на першому етапі в обов'язковому порядку необхідно виконати проект реконструкції котельного та допоміжного обладнання спеціалізованою організацією для визначення можливості та доцільності такої реконструкції. У випадку позитивного рішення після реалізації розроблених заходів необхідно провести випробування котла на різних режимах при спалюванні нового палива [2].

Враховуючи вище наведене стосовно фізико хімічної властивості вугілля антрацітової групи, а також газової групи крім проблем пов'язаних з реконструкцією системи пилоприготування, виникає потреба в проведенні детальних розрахунків теплообміну в топкових камерах на різних марках вугілля, визначення діапазону регулювання потужності і безшлакової роботи поверхонь нагріву [3]. Крім того необхідно враховувати як кінетику горіння, так і забезпечення необхідних умов для евакуації шлаку.

Відомі приклади успішного переведення енергетичних блоків з антрациту на газове вугілля, але в кожному окремому випадку проведення реконструкції котельної установки необхідно враховувати особливості конструкції котла і систем паливоприготування.

Перелік посилань:

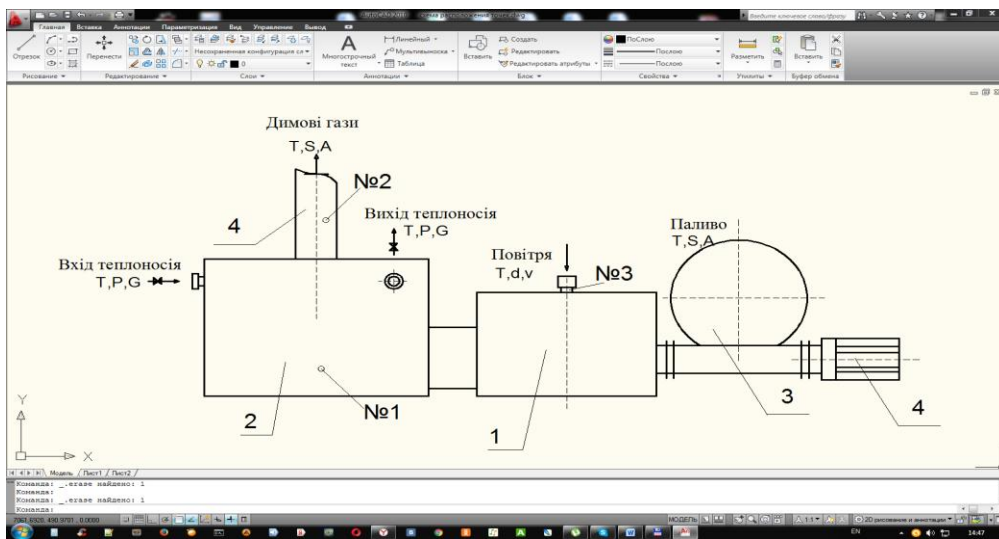
1. Тепловой расчет котлов : Нормативный метод / НПО Центр.котло-турб.ин-т. – СПб., 1998. – 256с.
2. ДСТУ 3472-96. Вугілля буре, кам'яне та антрацит. Класифікація. – Київ : Держстандарт України, 2007. – 6 с.
3. Карп І.М., Сігал І.Я., Смілуха А.В. Проблема заміщення антрацитового та пісного вугілля на електростанціях України // Тез. доп. XX Міжнар. Конф. «Вугільна енергетика» - Київ : Ін-т вугіл. Енерготехнол. НАН України – С 3-11.

УДК 621.181.001.4

Студент 4 курсу, гр. ТК-41 Дорош Р.В.
Доц., к.т.н. Рогачов В.А.

ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ВОДОГРІЙНИХ КОТЛІВ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

Метою роботи є реалізація задач збільшення економічності і надійності, швидкого освоєння нових і реконструйованих стаціонарних котельних установок на промислових підприємствах. Важливе значення мають теплотехнічні випробування цих установок [1,2]. Прилади для вимірювання, що застосовувались при випробуваннях котла: газоаналізатор РБК100, тепловізор, пірометр, комбінований прилад testo 100.



1-пальник, 2-котел, 3-бункер для палива, 4-газохід

Рис.1-Схема розміщення областей вимірювання

За результатами теплотехнічних випробувань котла виявлено:

- пальник не забезпечує запроєктовану теплову потужність роботи котла;
- пальник з котлом аеродинамічно збалансовані;
- пальник забезпечує достатній механічний та хімічний допал);
- не забезпечена гарна теплоізоляція зони контакту «корпус пальника – котел»;
- частина поверхні котла (зверху) не має теплової ізоляції.

Перелік посилань:

1. Роддатис К. Ф., Соколовский Я. Б. Справочник по котельным установкам малой производительности. М., Энергия, 1975.
2. Трёмбовля В.И., Фингер Е.Д., Авдеева А.А. Теплотехнические испытания котельных установок. М., Энергия, 1977

СУМІСНЕ СПАЛЮВАННЯ ВУГІЛЛЯ ТА БІОМАСИ

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. Біомаса є основним біоенергетичним ресурсом для виробництва енергії з ВДЕ в світі і складає близько 76% [1]. Технології використання біомаси (БМ) відіграють важливу роль у виробництві енергії оскільки можуть забезпечити ефективне й безпечне використання такої сировини в якості палива. Вибір технології визначається властивостями БМ, вимогами до охорони навколишнього середовища, технологічними вимогами, характеристиками обладнання, капітальними та експлуатаційними витратами при виробництві енергії.

Класифікація видів технологій сумісного спалювання (ССп) біомаси представлена на схемі.



При ССп біомаса може бути змішана з вугіллям в різних пропорціях, зокрема, при шаровому спалюванні частка біомаси в суміші з вугіллям може коливатися в діапазоні від 0 до 100%, в той час, як при пиловому ССп існують технічні обмеження і частка біомаси по теплоті, як правило, не перевищує 25%.

Для широкого промислового впровадження різних технологій ССп в Україні необхідно:

- мати економіко-статистичні дані про наявність та вартість біоресурсів кожного регіону;
- розробити законодавчу базу для стимулювання розвитку біоенергетики;
- детально досліджувати технології, які дозволять ефективно спільно спалювати вітчизняну біомасу та енергетичне вугілля українських покладів.

Перелік посилань:

- Георгій Гелетуша, Татьяна Железная. «Стан і перспективи розвитку біоенергетичних технологій в Україні». Стаття. URL: <http://biomass.kiev.ua/useful-info/our-articles/1063-ecotechnologii>

ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ КОНТУРІВ ПРИРОДНЬОЇ ЦИРКУЛЯЦІЇ КОТЛІВ МАЛОЇ ПАРПРОДУКТИВНОСТІ

Протягом багатьох років розвиток енергетики України відбувався шляхом введення в експлуатацію потужних енергетичних блоків на теплових та атомних електричних станціях. Це давало можливість забезпечити промисловість і населення електричною енергією, а також теплотою на опалення і гарячим водопостачанням. Нажаль із зростанням виробництва електричної енергії значна кількість споживачів не мала доступу до мереж забезпечення електричною енергією (гірська місцевість, степові райони та ін.), тому для забезпечення якості життя виникла потреба в розробці мікро-ТЕС, електрична потужність яких становить 10-100 кВт. На теперішній час промисловість не пропонує рішення цієї проблеми. На підставі цього можна вважати, що розробка парових котлів невеликої потужності, які працюють на місцевих видах палива і входять до складу мікро-ТЕС є актуальною.

Для забезпечення необхідного ресурсу експлуатації (20-30 тис.год.) необхідно використати теплову схему установки з перегрівом пари. Враховуючи, що вартість підготовки живильної води в прямотокових котлах значно вища ніж в котлах з природньою циркуляцією, тому було прийнято рішення в розробці котла з природньою циркуляцією.

Для забезпечення надійної роботи контуру природньою циркуляцією треба врахувати теплову навантаження відповідного елемента, який включений в состав циркуляційних контурів. Гідравлічні характеристики контурів циркуляції підраховують на основі даних теплового розрахунку по всьому діапазону навантаження.

До того як приступити до визначення гідравлічних характеристик, потрібна підготовка вихідних даних для проведення таких розрахунків. До цих відносяться дані теплового розрахунку, котрі представляються у вигляді таблиць. Потім на основі конструктивних креслень котла складаються схеми циркуляційних контурів для котлів з природньою циркуляцією чи схема пароводяного тракту для котлів з примусовим рухом середовища.

Одночасно з цим складається таблиця конструктивних даних, які дають повну інформацію про циркуляційні контури для котла із природньою циркуляцією, або опис всіх елементів та з'єднуючих труб для прямотокового котла. Складається розрахунок схеми кожного контуру котла із природньою циркуляцією та кожного елементу прямотокового котла.

В сучасних парових котлах основними парогенеруючими поверхнями являються екранні поверхні та фестони, які розташовані у вихідному вікні топки. В котлах із низьким тиском зустрічаються і додаткові конвективні парогенеруючі поверхні у вигляді пучков в конвективному газоподі. Условно приймають, що всі екранні поверхні приймають тільки теплоту, передану в топці радіацією.

Основні проблеми від яких залежить надійність конутру природньою циркуляцією – це невелике значення корисного напору. На підставі чисельних досліджень і моделювання буде отримана режимна карта, яка дозволить визначити границі безаварійної роботи котла.

Перелік посилань:

1. Лебедев И.К. – Гидродинамика паровых котлов. Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
2. Локшин В.А., Петерсон Д.Ф., Шварц А.Л. Гидравлический расчет котельных агрегатов (нормативный метод). М.: Энергия, 1978.

СОНЯЧНИЙ ПІДГРІВАЧ ВОДИ НА ОСНОВІ ДВОФАЗНОГО ТЕРМОСИФОНУ З ПЛОСКОЮ ПОГЛИНАЮЧОЮ ПАНЕЛЛЮ

Колектив авторів [1] створив плоский сонячний колектор (СПВ) на основі алюмінієвих теплових труб – вискоефективних теплопередаючих пристроїв з замкнутим випаровувально-конденсаційним циклом руху теплоносія.

Автори [2] розробили і створили плоский СПВ з використанням двофазних термосифонів. Теплота сонячних променів в цих СПВ сприймається плоскою поверхнею зони випаровування двофазних термосифонів і передається рідинному теплообміннику, розташованому на зонах їх конденсації.

З метою обґрунтування доцільності використання алюмінієвих теплових труб чи двофазних термосифонів автори створили елементи сонячних колекторів для проведення досліджень, рисунок 1.

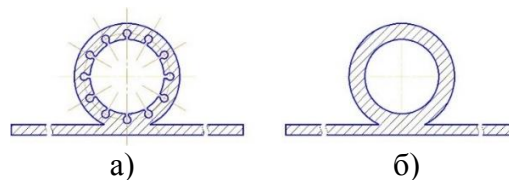


Рисунок 1 – Поперечний переріз плоских поглинаючих панелей сонячних колекторів: а) з алюмінієвою тепловою трубою; б) з двофазним термосифоном

Сонячний підігрівач води (рисунок 2), розроблений авторами для проведення експериментальних досліджень, працює наступним чином: холодна вода подається в бак-теплоакумулятор (1), далі вода через вхідний патрубок (2) попадає в теплообмінник (3) типу «труба в трубі», де підігрівається тепловою енергією, яка передається тепловою трубою (4) від елементу вискоефективної теплопоглинаючої сонячної промені панелі (5) сонячного колектора, а потім - через вихідний патрубок (6) теплообмінника підігріта вода вводиться у верхню частину баку-теплоакумулятора.

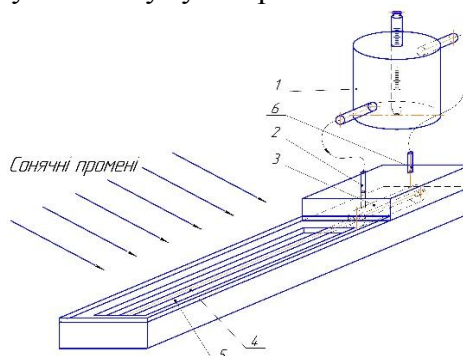


Рисунок 2 – Експериментальна ділянка елемента СПВ

Обґрунтований аналіз проведених дослідів автори нададуть в матеріалах конференції.

Перелік посилань:

1. Рассамакін Б. М. Розробка та дослідження теплових труб нового профілю для сонячних колекторів з використанням селективного покриття поглинаючої поверхні /Б. М. Рассамакін, С. М. Хайрнатов, В. К. Заріпов, А. Н. Баранік: Звіт з НДР / «КПІ ім. Ігоря Сікорського» – 2434 – п; Номер держреєстрації теми – 0111U000567. – К., 2012
2. Заявка U2017 11565, МПК F24J2/04 від 27.11.2017р. Елемент сонячного колектора / Мариненко В. І., Островський Ю. В., Кулинич В. С.

УДК 621.181.

Студент 4 курсу, гр. ТК-41 Неділько А.В.

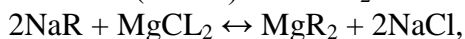
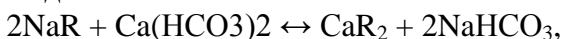
Доц., к.т.н. Новаківський Є.В.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ХІМІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

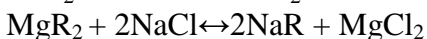
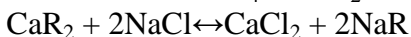
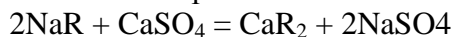
В даній доповіді автори виконали огляд сучасних схем пом'якшення води. Пом'якшення води здійснюється щоб значно зменшити жорсткість води шляхом видалення катіонів Ca^{2+} та Mg^{2+} .

Однією із складових втрат парових котлів, що працюють на технологію, є витрати пов'язані з неповерненням конденсату. Втрати котлової води при цьому компенсуються за рахунок роботи систем хіводопідготовки. В роботі проводиться співставлення двох найбільш використовуємих методів очистки води На-катионування.

На-катионування здійснюється для зменшення катіонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , здійснюється обмін всіх катіонів, які знаходяться в початковій воді на іон натрію. Остаточна жорсткість На-катионуваної води знижується з $3,0 \div 4,5$ до $0,01$ мг-екв/л [1]. Рівняння цього процесу має вигляд:



Регенерація На-катионованих фільтрів відбувається шляхом промивання шару катіоніту розчином повареної солі. Рівняння регенерації має вигляд:



Продукти регенерації фільтрів На-катионування добре розчинні та безпечні для навколишнього середовища.

Такий процес пом'якшення води може бути виконано самостійно тільки для підживлення тепломереж або для котлів низького та середнього тиску. При збільшенні витрати води використовувати такий процес самостійно недоцільно. Недоліком такого процесу є те, що на кожен видалений мг-катіон до розчину переходить 2мг-катіонів натрію. Але такі солі можна вивести продувкою, що збільшує витрату палива в котлі.

При пом'якшення води шляхом Н-катионування жорсткість води знижується від $3,0 \div 4,5$ до $0,001 \div 0,005$ мг-екв/л [2], що дозволяє встановлювати велику витрату води для котлів високого і надвисокого тиску.

До недоліків Н-катионування відноситься те, що такий метод не використовується самостійно. Він застосовується тільки в схемах глибокого знесолення або На-катионування. Так як рівень рН значно знижується необхідно встановлювати декарбонізатор. Продукти регенерації досить шкідливі, тому їх необхідно попередньо очищувати [3].

Висновки:

1. На-катионування застосовується для хімічного очищення води лише для барабаних котлів малого та середнього тиску.
2. Для прямотових котлів слід застосовувати лише Н катионування. Н-катионування як самостійний метод очистки не застосовується.

Перелік посилань:

1. Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовкекотельных установок. М.: Энергия, 1976.- 288 с.
2. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике. М.: Изд-во МЭИ, 2003. -309 с.
3. Кострикин Ю.М. и др. Водоподготовка и водный режим энергообъектовнизкого и среднегодавления: Справочник/ Ю.М. Кострикин, Н.А.Мещерский, О.В.Коровина. – М.: Энергоатомиздат, 1990.-254 с.

МОЖЛИВОСТІ РЕКОНСТРУКЦІЇ КОТЛІВ, ЩО ВІДПРАЦЮВАЛИ ЗАВОДСЬКИЙ РЕСУРС

В теперішній час майже всі котли від декілька МВт до енергетичних були введені в експлуатацію 30-50 років тому. Вони вже відпрацювали свій заводський ресурс та відпрацьовують фізичний. Ефективність експлуатації котлів після відпрацювання заводського ресурсу потребує додаткового вивчення. Заміна котлів малої чи середньої потужності здійснюється незначними темпами у зв'язку з тривалим терміном окупності реконструкції чи заміни обладнання.

У даній роботі автори доповіді, на основі розробок Інституту газу НАН України[1], виконали огляд методів подовження ресурсу котлів за рахунок:

а) зниження номінальної теплової потужності котлів до економічно доцільної по температурі відхідних газів (перемаркування на потужність близько 60-70% від встановленої);

б) додаткового продовження терміну служби топкових екранів, конвективних пакетів, пальників і одночасного зниження утворення оксидів азоту (введення рециркуляції димових газів і використання існуючого тягодуттєвого обладнання);

в) реконструкції пальникових пристроїв ступінчатого горіння з низьким виходом оксидів азоту.

На прикладах котлів, що були введені в експлуатацію в Україні в 60-их роках ХХ століття автори[1] пропонують варіант подовження ресурсу роботи за рахунок використання пальників двостадійного спалювання, що розробляються в Інституті газу НАН України.

Двоступінчатє спалювання палива є одним з методів регулювання топкових режимів і одночасного зниження утворення оксидів азоту в котлах. Сутність методу полягає в тому, що в первинну зону горіння подається повітря менше ніж теоретично необхідно ($\alpha=0,7-0,95$), в наслідок чого знижується максимальна температура в зоні факелу, знижується вміст кисню в ядрі факелу, зменшується швидкість реакції утворення оксидів азоту і збільшується довжина та світимість факелу.

Через розбавлення продуктами згорання наступне горіння протікає при більш низькій температурі, внаслідок чого у вторинній зоні горіння оксиди азоту практично не утворюються.

Перелік посилань:

1. Сигал И. Я. Продление ресурса промышленных и отопительных котлов котельных и ТЭЦ / И. Я. Сигал, А. В. Смихула, А. В. Марасин, Е. М. Лавренцов // Энерготехнологии и ресурсосбережение. - 2015. - № 3. - С. 46-55.

РЕКОНСТРУКЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ КОТЛІВ ПІД СПАЛЮВАННЯ БІОМАСИ

В котельних агрегатах при заміщенні природного газу може використатись біомаса у вигляді відходів ріпака, лузги соняшника, кукурудзи, деревної тріски. Сучасні технології дозволяють використовувати вихрове спалювання біомаси з низькими втратами палива в котлі та невеликої реконструкції котла.

В даній роботі розглядається використання вихрових передтопків (рис 1.1). Вихрові передтопки мають перевагу завдяки спрощенню системи пилеприготування, а також через те, що в них можна спалювати палива з максимальним розміром частинок палива до 10мм. Вихреві передтопки мають високу інтенсивність процесів тепломасообміну, забезпечують на виході з циклонного передтопку майже повне згорання палива і можуть бути успішно використані при спалюванні біомаси.

Їх перевагою також є те, що процес реконструкції топкової камери полягає лише в збільшенні амбразури пальника для монтажу циклонного вихрового передтопку. При цьому, льотка топкової камери та трубна-колекторна обв'язка котла майже не зазнає конструктивних змін.

У цих передтопках створюється циркуляційний рух палива в газоповітряному вихорі, що збільшує час перебування палива в котельній камері і забезпечує велику стійкість горіння. Паливо перед спалюванням готується також, як і для факельних топок.

Паливо вводиться в топку пальником, в якій струмінь палива змішується з сильно закрученим потоком повітрям. Паливо спочатку підхоплюється потоком первинного повітря. Пальник надає цьому потоку форму вузького конуса. Потім до нього підводиться повний потік вторинного повітря, і конус додатково закручується.

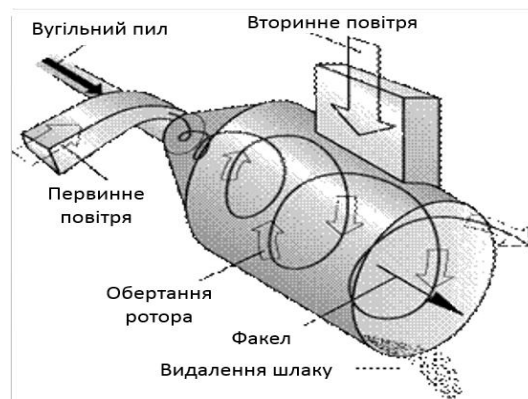


Рисунок 1.1-Вихровий пальник для спалювання вугільної суміші з повітрям

У вихрових передтопках частки палива підтримуються в підвішеному стані за рахунок несучої сили потужного вихору, внаслідок чого в ній не випадають навіть великі частки (5 - 10 мм і більше). В сучасних вихрових топках спалюються шматки твердого палива розміром 2 - 10 мм, при швидкості струменя повітря, що подається зі швидкістю 30 - 150 м/с. Існують горизонтальні і вертикальні циклонні передтопки, причому останні застосовуються значно рідше. Діаметр (D) горизонтальних циклонних передтопок - 1-4 м, відношення довжини до діаметру (L/D) не перевищує значення 1,5 - 1,6.

ЗАМІЩЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ДЕРЕВНОЮ ТРІСКОЮ ШЛЯХОМ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТОПОК КОТЛІВ НА ШАРОВЕ МЕХАНІЧНЕ СПАЛЮВАННЯ

У зв'язку з високою вартістю природного газу для України надзвичайно гостро стоїть питання у його заміщенні на місцеві альтернативні види палива, зокрема на біомасу.

Використання біомаси є надійним способом заміщення органічного палива (зокрема природного газу) в промисловості та енергетиці, найбільш доцільними способами її використання є пряме спалювання з вугіллям та процеси попередньої термічної підготовки біомаси (піроліз, газифікація).

Ефективне використання біомаси потребує якісної попередньої підготовки палива (сушіння, подрібнення, газифікація) та відповідної організації процесу спалювання. Необхідно також враховувати технологічні особливості, зокрема зниження адіабатичної температури горіння, температуру плавлення шлаку та утворення шкідливих речовин (оксидів сірки, вуглецю та азоту).

Таким чином, біомаса у вигляді деревної тріски, лузги соняшника, пеллет може бути використана в енергетичних агрегатах з метою заміщення природного газу. Проте для успішного її використання необхідно застосовувати сучасні технології спалювання палив. Для заміщення природного газу в парових котлах може бути використана технологія шарового спалювання біомаси.

Шарове спалювання застосовується для спалювання крупнодисперсного і кускового палива, що знаходиться на колосникових ґратах, крізь шар якого продувається повітря.

До переваг топок з шаровим спалюванням відносять те, що вони:

- прості в експлуатації;
- придатні для різних сортів палива;
- не вимагають великих обсягів топки;
- можуть працювати при значних коливаннях теплового навантаження;
- відрізняються щодо невеликою витратою енергії на власні потреби;
- не вимагають дорогих пиллоприготувальних пристроїв.

Основними типами механічних топок є ТЧ і ТЧЗМ, ТЛЗМ, їх застосовують з котельними агрегатами продуктивністю від 4,0 до 30 МВт для спалювання відсортованого і рядового вугілля, щомістять не більше 60% фракцій розміром 0 – 6 мм, а також відсортованого антрациту.

Механічні топки з рухомими ґратами бувають наступних видів:

- механічні топки з лускатими ланцюговими ґратами прямого ходу ТЧ;
- механічні топки з лускатими ланцюговими ґратами зворотного ходу ТЧЗМ;
- механічні топки зворотного ходу з стрічковим колосниковим полотном ТЛЗМ.

Ланцюгова решітка топки ТЧ і ТЧЗМ і стрічкове колосникове полотно топки ТЛЗМ є подобою стрічкового транспортера, де ланцюг (полотно) складається з колосників, пов'язаних собою в один нескінченний ланцюг, перекинутий через зірочки і шків; зірочки і шків одягаються на вал, один з яких приєднується до електропроводу.

Не дивлячись на те, що вказані типи механічних топок призначені для спалювання вугілля, на них може успішно спалюватися і деревна тріска, а також її суміші з вугіллям.

УДК 536.423.1

Магістрант 5 курсу, гр. ТК-71мп Островський Ю.В.

Доц., к.т.н. Мариненко В.І.

СОНЯЧНИЙ ПІДГРІВАЧ ВОДИ НА ОСНОВІ ДВОФАЗНОГО ТЕРМОСИФОНУ З ПАРАБОЛІЧНОЮ ПОГЛИНАЮЧОЮ ПАНЕЛЛЮ

В теперішній час вчені КПІ ім. Ігоря Сікорського працюють над проблемою підвищення ефективності плоского сонячного колектора (СК) на основі алюмінієвих теплових труб [1]. Панель колектора, що поглинає теплоту сонячних променів, складається із 8 алюмінієвих теплових труб, виготовлених з плоского пресованого алюмінієвого профілю. Теплота сонячних променів приймається плоскою поверхнею зони випаровування теплових труб і передається рідинному теплообміннику, розташованому на зонах їх конденсації.

Щоб підвищити ефективність СК за рахунок реалізації додаткового радіаційного теплообміну в довгохвильовому діапазоні між поглинаючою панеллю і тепловою трубою, авторами пропонується спеціально профільована поглинаюча панель у вигляді параболічної поверхні – сегменту з ребром, до якого кріпиться тепла труба зоною випаровування [2].

Сутність пристрою, який створено авторами, пояснюється кресленням (рисунок 1), де: 1) герметичний корпус; 2) скляна кришка; 3) теплопоглинаюча параболічна панель елементу сонячного колектора; 4) тепла труба; 5) теплообмінник типу труба в трубі; 6) вхід теплоносія; 7) вихід теплоносія; 8) бак-теплоаккумулятор; 9) термометр; 10) теплоізоляційна кришка.

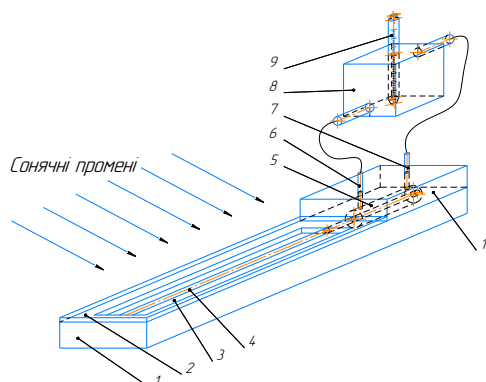


Рисунок 1 – Експериментальна ділянка елементу сонячного колектора

Результати досліджень сонячних підігрівачів води з плоскою і параболічною поглинаючою поверхнею сонячної енергії, одержані авторами, надані в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень

№	Найменування величини	СК з плоским абсорбером	СК з параболічним абсорбером
1	Кількість теплової енергії, що поглиналась водою,	37303	39208
2	Максимальна температура гарячої води в баку-акумуляторі	56,5	63,5

Перелік посилань:

1. Хайрнасов С. М. Экспериментальное исследование эффективности плоского солнечного коллектора на тепловых трубах / С. М. Хайрнасов– «Відновлювана енергетика №2 (21)», 2010 – с. 35-39.

2. Заявка U2017 11565, МПК F24J2/04 від 27.11.2017р. Елемент сонячного колектора / Мариненко В. І., Островський Ю. В., Кулинич В. С.

ЗАСТОСУВАННЯ КОНДЕНСАЦІЙНИХ ЕКОНОМАЙЗЕРІВ

Будь-яке органічне паливо при горінні виділяє тепло, вуглекислий газ та водяні пари. Вищою теплотою згорання палива називають кількість тепла, що виділяється при повному згоранні палива і за умови конденсації утворюваних в продуктах згорання водяних парів. Це тепловтрачається при викиданні димових газів в навколишнє середовище, по умовам хімічного захисту хвостових поверхней нагріву від корозії. Теплота пароутворення вологи з димових газів може бути збережена у процесі конденсації вологи на поверхнях нагріву, тобто, при переході газоподібної фази в рідку.

Конденсат при з'єднанні з продуктами згорання палива утворює кислоти в числі яких можуть бути азотна та сірчана. У разі контакту їдкою конденсату з некіслотостійкими матеріалами відбувається руйнування поверхонь.

При застосуванні конденсаційних економайзерів (КЕ) з димових газів разом з вологою частково видаляються оксиди сірки та азоту. Це запобігає руйнації внутрішньої поверхні димової труби.

Принцип роботи конденсаційних котлів був відомий давно, але застосовувати його в котельному обладнанні обмежувалося властивостями котельних матеріалів та їх вартістю, при роботі в хімічно агресивних середовищах. Тільки з появою корозійно-стійких сплавів і нержавіючої сталі стало можливим впровадити дану технологію у виробництво котельного обладнання.

При розрахунку систем утилізації вологих газів необхідно визначити парціальний тиск водяних парів, який буде залежати від складу спалюємого палива умов організації горіння. Від парціального тиску буде залежить –температура точки роси (температура конденсації вологи), та відповідно мінімальна температура теплоносія, що подається для конденсації вологи з димових газів.

Методика розрахунку КЕ відсутня. Відомі методики по конденсації водяних парів свідчать про зменшення, на порядок, коефіцієнта тепловіддачі при наявності несконденсованих газів.

Необхідно експериментально розрахунковим шляхом визначити фактичні коефіцієнти тепловіддачі при конденсації водяної пари низької концентрації водяних парів в потоці несконденсованих газів.

Висновок: Розробка методики розрахунку конденсаційного економайзера дозволить скласти режимні карти для обладнання, яке включатиме фактичне теплову потужність економайзера, мінімальні витрати та температури охолоджуючого теплоносія, кількість агресивного конденсату в залежності від потужності котлоагрегату та складу палива.

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВОДОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА В ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ

Водовугільне паливо – новий вид модифікованого рідкого палива у вигляді суспензії, яке отримують шляхом змішування подрібненого вугілля, води та пластифікатору. Використовується на теплогенеруючих об'єктах, здебільшого як альтернатива природному газу та мазуту. Технологія отримання палива передбачає помел в кульовому млині порівняно низькоконцентрованої суміші, а потім грубий помел в стержневому млині при певних співвідношеннях крупної (0 – 3 мм) і тонкої (0 – 0,040 мм) фракцій і підвищенню концентрації водовугільного палива до 62-65% з використанням пластифікатора. При цьому гранулометричний склад вугілля в суспензійному середовищі при двостадійному помелі наближається до бімодального. Зольність вугілля знаходиться в межах 10-20%. Водовугільне паливо, отримане таким чином, має добрі споживчі властивості і може транспортуватися по трубах на великі відстані та зберігатися протягом тривалого часу без зміни характеристик. Водовугільне паливо містить 60...70% мілко помеленого вігугля розміром 45-350 мікрон, 30...40% води і 1% хімічного реагента-пластифікатора. Температура займання цієї суміші складає 450...650 °С, температура горіння 950...1050 °С, а ступінь вигорання палива – до 99,5%

Водовугільне паливо може вироблятися з антрацитів, кам'яного і бурого вугілля різних марок і зольності, вода будь якої якості. Процес горіння водо вугільного палива і пилоподібного сухого вугілля вагомо різні. При спалюванні пилувугільного палива в наслідок високого ступеня подрібнення частинки вугілля і мінералізованих компонентів відділені один від одного. Вигорання каплі водо вугільної суспензії, кожна з яких містить 400 пилинок вугілля, характеризується наступними стадіями термічної підготовки, запалення і горіння:

Перша стадія – випаровування вологи з поверхні каплі при постійній температурі. Кінець цієї стадії характеризується початком «запікання» частинок вугілля на поверхні.

Друга стадія характеризує проникненням поверхні випаровування в глибину частинки, перегріву водяних парів у внутрішній області і активації поверхні частинки вугілля. Біля поверхні формується пористий поверхневий шар, в середині частинки підвищується тиск пари, що веде до збільшення її об'єму. В кінці другої стадії частинка вугілля являє собою пористе тіло, поверхня якого пронизується струменями водяної пари із внутрішньої області. Перша і друга стадії являються підготовчими до процесу займання.

Третя стадія відповідає початку займання частинки і характеризується різким збільшенням її температури. В цей період відбувається вигорання летючих і вуглецю з поверхні і закінчення випаровування вологи із центральної зони частинки. В кінці третьої стадії температура каплі досягає свого максимального значення.

В четвертій стадії відбувається догорання коксового залишку, причому температура в середині частинки зменшується до температури потоку що її оточує

Зважаючи на кінетику горіння вугілля різних марок, а в ряді випадків і відходи вугілля (шлам) можуть ефективно спалюватись з водою в малих і великих котлах. В світі розроблені покращені технології виробництва водовугільного палива, створений ряд демонстраційних установок, які показують перспективність і економічну доцільність переведення мазутних і газових котлів на водовугільне паливо.

Одночасне використання водо вугільного палива гарантує значне покращення екологічних показників спалювання вугілля за рахунок води яка значно знижує утворення шкідливих оксидів азоту.

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ДИМОВИХ ГАЗІВ ВУГІЛЬНИХ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА ОСНОВІ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДОГО ПАЛИВА

Зменшення викидів забруднюючих речовин з димових газів які утворюються при спалюванні твердого палива на теплових електричних станціях (ТЕС) мають екологічне, технологічне та економічне значення. В останні роки до 90% викидів діоксиду сірки в Україні має теплова енергетика.

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. Значення викидів SO_2 з димовими газами пилувугільних ТЕС для антрацитів не більше 3400 мг/м^3 , для пісноговугілля 4500 мг/м^3 , для кам'яного та бурого вугілля 5100 мг/м^3 . З 1 січня 2018 року дотримання вихідної концентрації SO_2 для нових енергоблоків – 200 мг/м^3 , як цього вимагає наказ Мінприроди України від 22.10.2008 №541 та Директива 2001/80/EU.

Досвід роботи деяких електростанцій України показує, що навіть без реконструкції ТЕС, тільки за рахунок зміни паливної політики можна досягти значного скорочення викидів забруднюючих речовин. На одній із ТЕС України перехід на спалювання вугілля, яке надходило на ТЕС після попереднього збагачення, забезпечило зниження питомих викидів SO_2 на 32-37% (в перерахунку на 1 кВт·год. електроенергії, що виробляється). При цьому питомий викид твердих частинок знизився на 35-40%.

В Інституті вугільних технологій розроблено інженерний метод визначення питомих викидів сухих димових газів на вугільних ТЕС України та очікуваної концентрації діоксиду сірки в них на основі даних технологічного аналізу при наявності механічного недопалу палива q_4 . Розроблений метод пропонується використовувати для високореакційного вугілля (марки Г, ДГ, Д) та низькореакційного (марки А, П)

Даний метод запропонований авторами в [1], дає змогу зробити оцінку очікуваного викиду діоксиду сірки в димових газах та обрати необхідну технологію для отримання вимог екологічного законодавства. Сутність даного методу полягає в тому щоб, аналізувати все вугілля яке надходить до теплових станцій, розібрати його по хімічному складу та дослідити склад димових газів після спалювання певного виду палива. В залежності від результатів отриманих по складу димових газів обрати паливо у якого викиди діоксидів сірки будуть найменшими та на стадії проектування теплової станції, забезпечити виконання екологічних умов при спалюванні твердого палива.

Наявність втрат теплоти через механічний недопал палива q_4 призводить до зменшення питомого об'єму сухих димових газів i , відповідно, до збільшення очікуваної концентрації діоксиду сірки в сухих димових газах в $1 / (1 - q_4/100)$ раз у порівнянні з випадком повного вигорання палива.

Автори оглядової доповіді використовуючи методику запропоновану в [1], оцінили викиди SO_2 при виконанні дипломного проекту бакалавра. Отримані результати повністю задовольняють екологічні норми України.

Перелік посилань:

1. Вольчин І. А. Розрахунок параметрів димових газів вугільних теплових електростанцій на основі характеристик твердого палива / І. А. Вольчин, Л. С. Гапонич // Энерготехнологии и ресурсосбережение. - 2016. - № 1. - С. 49-56. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ETRS_2016_1_7.

УДК 662.61

Студент 4 курсу, гр. ТК-41 Сушков Ю.О.
Доц., к.т.н. Косячков О.В.

ПЕРЕДТОПОК-ЗАПАЛЬНИК ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ПИЛУ ГРУБОГО ПОМЕЛУ

Під час експлуатації котлоагрегатів ТП-100, що спалюють антрацит, через вкрай незадовільний стан розмельного обладнання спостерігається зменшення продуктивності пилоприготувальної установки до 70-80% від встановленої потужності. Через це, а також через підвищену зольність палива котлоагрегат починає працювати незадовільно, рівень пилу в бункері постійно знижується, зменшується подавання вугілля на спалювання, що призводить до загасання факелу. Можливим виходом з цієї негативної ситуації є зменшення пилу повернення сепаратору на домел в КБМ, що розвантажить КБМ та збільшить видачу пилу в промбункер. Це можливо зробити за рахунок встановлення двох автотермічних передтопків-запалювачів фонтануючого шару продуктивністю по 5 тонн пилу на годину на тракті повернення пилу грубого помелу. При цьому відбудеться зменшення, а у випадку зольності вугілля менше 25% - виключення газомазутного підсвічування при пиловидному спалюванні низькорекційного вугілля (антрациту, пісного) за рахунок додаткового подавання в котел 10 тонн на годину грубого пилу з потоку повернення сепаратора кульобарабанного млина, нагрітого в передтопках фонтануючого шару до температури 900-950⁰С.

Також відбудеться наступні зміни в роботі котлоагрегату: збільшиться загальна витрата пилу на спалювання щонайменше на 10 тонн на годину, стануть кращим умови займання факелу за рахунок надходження в котел продуктів неповного згорання летких (СО, Н₂). Також покращяться умови розмелу вугілля за рахунок зменшення частки дрібноти в кульобарабанному млині. Відбудеться покращення екологічних показників спалювання за рахунок зниження викиду паливних оксидів азоту у відновлюючому середовищі передтопка.

Принцип роботи передтопка полягає в наступному. перед початком роботи футерівка передтопка прогривається газомазутним пальником, після подачі пилу пальник відключається. Висококонцентрована аеросуміш грубого пилу подається в передтопок знизу, утворюючи протоковий фонтануючий шар. Перша порція пилу займається завдяки контакту з нагрітою футерівкою, подальші – завдяки тепловиділенню при горінні частини пилу та інтенсивному тепломасообміну в фонтануючому шарі. Повітря в передтопок подається з розрахунку підтримання температури шару 900-950⁰С, тобто нижче температури плавкості золи, при цьому відбувається неповне згорання летких і 3-5% фіксованого вуглецю. Продукти неповного згорання, що містять СО та Н₂, разом з розігрітим пилом скидаються в топку на допалювання через щільовий пальник, куди підводиться також додаткове повітря. Повнота вигорання грубого пилу в топці забезпечується його розігрівом у передтопку до температури займання в факелі. Покращення екологічних показників спалювання має місце за рахунок зниження викиду паливних оксидів азоту у відновлюючому середовищу передтопка.

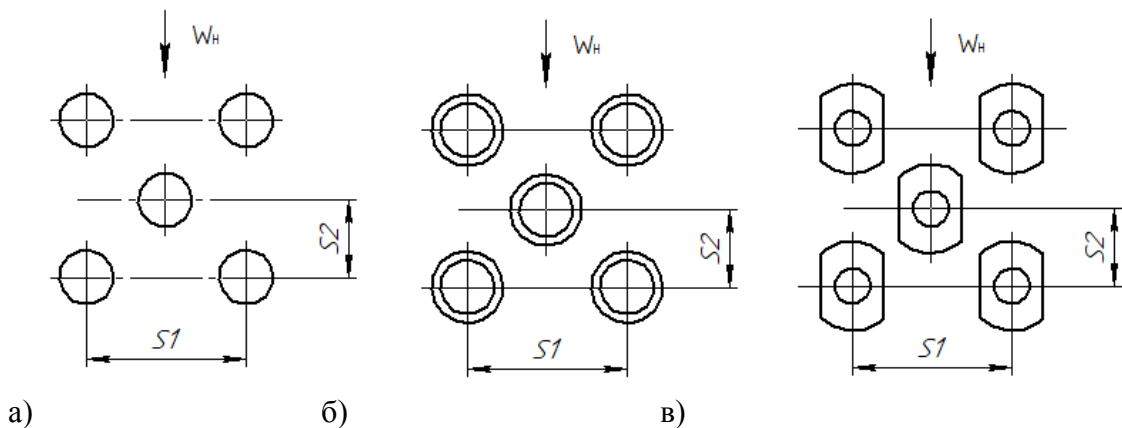
При встановленні такого передтопка важливою умовою є достатній час перебування вугільної частинки в передтопці. Під час роботи був проведений розрахунок цієї величини, визначені основні геометричні параметри передтопка-запалювача.

Таким чином, встановлення таких передтопків на котлоагрегаті ТП-100 вирішує одразу декілька важливих проблем, що пов'язані з роботою енергоблоку в цілому і топки котельного агрегату.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕПЛОБМІНУ ЕКОНОМАЙЗЕРНОЇ ПОВЕРХНІ

У теперішній час в зв'язку зі значним подорожчанням матеріальних та енергетичних ресурсів на перший план виходить задачаресурсоенергозбереження в теплоенергетиці. Важливим напрямком цієї актуальної задачі є розробка та впровадження нових типів розвинутих поверхонь теплообміну, що відрізняються високою теплоаеродинамічною ефективністю, технологічністю та низькою вартістю. До таких поверхонь можна віднести економайзерні поверхні котлоагрегатів.

Економайзерна поверхнякотла призначена для нагріву живильної води, який відбувається за рахунок тепла відхідних газів з топки. Економайзер, як правило, виконаний з пакетів гладких круглих труб, які в більшості випадків мають шаховеконструювання[1]. З метою підвищення інтенсивності зовнішньої тепловіддачі труби оребрюються [2]. На рис. 1 показані шахові пакети економайзерної поверхні з гладких труб, з труб з круглими ребрами і з труб з паралельним підгинанням ребер.



а – пакет гладких труб; б – пакет труб з круглими ребрами; в – пакет труб з паралельним підгинанням ребер

Рис.1 - Шахові пакети труб

Підгинання ребер призводить до кардинальної зміни характеру впливу крокових характеристик труб S_1 та S_2 на інтенсифікацію теплообміну та аеродинамічний опір пакетів.

Використання труб з підгинанням дозволяє на (15-20)% зменшити масо-габаритні показники економайзерної поверхні, зробити її більш компактною в порівнянні з круглоребристою поверхнею без підвищення експлуатаційних затрат.

Перелік посилань:

1. Исаченко В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
2. Жукаускас А.А. Конвективный перенос в теплообменниках / А.А. Жукаускас – М.: Наука, 1982. - 472 с.

СУМІСНЕ СПАЛЮВАННЯ БІОМАСИ ТА АНТРАЦИТУ В ПАРОВОМУ КОТЛІ БЛОКУ 300 МВт

Актуальність використання біомаси в якості основного виду палива постійно зростає. Це пов'язано в першу чергу зі значним підвищенням вартості природного газу та дефіцитом окремих видів твердого палива, в першу чергу вугілля антрацитової групи. Проте такий процес потребує унікальну схему паливо- та пилоприготування.

В межах визначення технічної можливості щодо діючої та/чи створення нової інфраструктури (паливного господарства), що забезпечить процес подачі біомаси на електростанції була розроблена принципова схема сумісного паливного господарства енергоблоку. За основу були прийняті матеріали уже існуючих та практично довірених схем, що використовуються [1] Данна схема паливо-приготування представлена на рис. 1. Подача базового палива сумісно з біомасою, можлива безпосередньо в пальник. Для того щоб організувати подачу біомаси, необхідна організація окремого паливого господарства на тепловій станції.

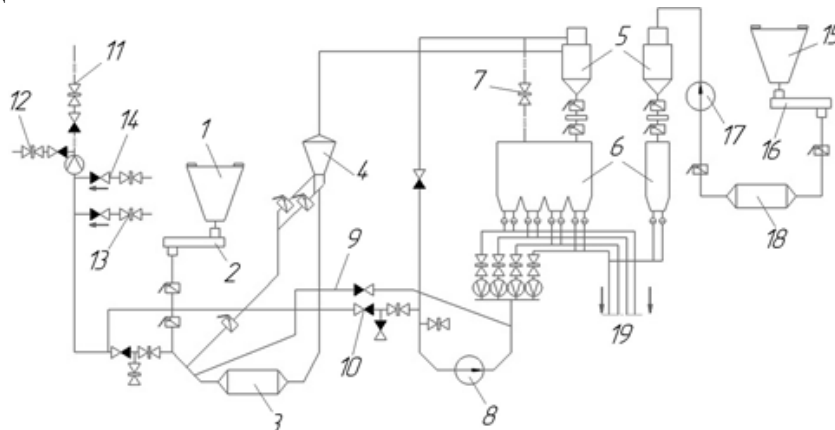


Рис. 1.– Система пилоприготування котла

1 – бункер сирого вугілля; 2 – стрічковий живильник сирого вугілля; 3 – млин; 4 – сепаратор; 5 – циклон; 6 – бункер пилу; 7 – вологовідсмокз бункера пилу; 8 – млиновий вентилятор; 9 – лінія рециркуляції; 10 – байпас пилосистеми; 11 – гаряче повітря після ввоздухоподогревателя; 12 – присадка холодного повітря від дутьєвого вентилятора; 13 – гарячі димові гази з газоходу після водяного економайзера від димососа рециркуляції газів; 14 – холодні димові гази з газоходу після осьового димососа котла від димососа присадки газів; 15 – бункер сирого палива біомаси; 16 – стрічковий живильник біомаси; 17 – дутьовий вентилятор; 18 – молотковий млин з сепаратором; 19 – пилопроводи до пальників.

За допомогою аналізу європейського та вітчизняного досвіду сумісного спалювання була підібрана оптимальна схема пилоприготування, у якій подача частки біомаси подається безпосередньо у пальник з антрацитом. Що свідчить про можливість проведення даного виду спалювання та потребує лиш встановлення шляхом проведення промислового експерименту та перевірки.

Перелік посилань:

1. Дунаєвська Н.І., Засядько Я.І., Шупік І.С., Щудло Т.С. Огляд технологій спільного спалювання біомаси і вугілля в пилувугільних топках // Энерготехнологии и ресурсосбережение, 2007, № 3, с. 3—8.

АКТУАЛЬНІСТЬ СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ЗОНАЛЬНОГО РОЗРАХУНКУ ТЕПЛООБМІНУ В ТОПЦІ КОТЛА.

Основою для розрахунку теплообміну в топковій камері є методи, які дозволяють визначити інтегральні характеристики, проте вони не дозволяють з необхідною точністю виконати розрахунок характеристик контурів природної циркуляції. Для виконання необхідна інформація стосовно зміни температури і щільності теплового потоку по перерізу і висоті топкової камери. Для отримання розподілу теплових навантажень в топці необхідно виконати зональний або позонний розрахунок [1].

Метою наших досліджень є створення програми, що дозволить визначити теплосприйняття в будь-якому перерізі топкового простору. За рахунок використання програмного забезпечення ми маємо можливість виконувати більш точний зональний розрахунок, що призведе до оптимізації топкового процесу і зменшення втрат теплоти q_3 та q_4 – хімічний та механічний недопал.

Оскільки основним елементом теплосприймаючою поверхнею є екранні труби, то нам важливо зменшення нерівномірності обігріву по ширині, глибині та висоті топкової камери. Вигляд типового розподілу теплових навантажень топки котла наведено на рис. 1 [1].

Напірна характеристика в окремих трубах буде значно відрізнятися від середнього значення. Це може призвести до перегріву труб в деяких зонах та зниження надійності роботи котельного агрегату, оскільки надійність циркуляції значно знижуються при порушенні гідравлічних і теплових режимів роботи топки. Тому на сьогоднішній день найбільш актуальною проблемою при розрахунку топок є забезпечення рівномірного розподілу щільності теплового потоку по всьому перерізу.

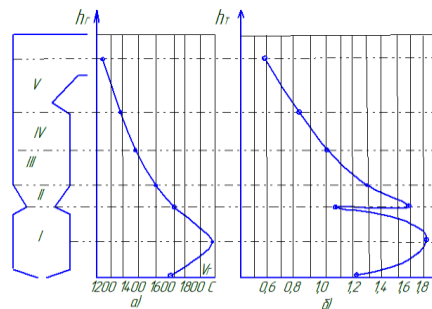


Рис.1. Теплообмін в топці котла.

Нашою метою є розрахунок для котлів на рідкому або газоподібному паливі. Метою подальших досліджень та розрахунків буде розробка програмного забезпечення для розрахунку теплообміну в топковій камері і визначення локальних характеристик.

Перелік посилань:

1. Бухмиров В.В., Солнышкова Ю.С. Зональные методы расчёта радиационного и сложного теплообмена / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». - Иваново, 2012. 96 с.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕПЛОАЕРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕКОНОМАЙЗЕРНИХ ПОВЕРХОНЬ НАГРІВУ

Одним із основних складових котельної установки є водяні економайзери. Їх виконують у вигляді пакетів гладких або оребрених сталених чи чавунних труб з ребрами зі сторони димових газів.

Основним недоліками чавунних економайзерів є високі масогабаритні характеристики, що в свою чергу призводить до значних витрат металу та наявність великого аеродинамічного опору.

Доцільно порівняти теплові, аеродинамічні та масогабаритні характеристики стандартних економайзерних поверхонь нагріву (Таблиця 1, поз. 1 - чавунний оребрений економайзер системи ВТІ, поз. 2 - сталевий гладкотрубний економайзер типу БВЕС) та економайзеру, виконаного зі сталевих плоскоовальних труб з не повним оребренням (Таблиця 1, поз. 3) при умові отримання води на виході з температурою 138 °С.

Для порівняльного аналізу було розглянуто паровий котел Е-2.5-13ГМ по типу ДКВр. Даний паровий котел встановлюється на більшості промислових підприємств для задоволення потреб виробництва у технологічному парі. Даний котел має паропроодуктивність котла – 2,5 т/год, абсолютний тиск насиченої пари на виході з котла – 1.4 МПа, паливом для даного котла є природний газ [1].

Таблиця 1 – Порівняння основних характеристик економайзерних поверхонь нагріву.

Характеристика	Позначення	Одиниці вимірювання	Тип економайзеру		
			1	2	3
Маса загальна	m	т	3,9	1,8	0,7
Площа поверхні нагріву	H	м ²	94	28	27
Коефіцієнт теплопередачі	k	Вт/м ² ·К	45	11	32
Температурний напір	Δt	°С	69	77	82
Аеродинамічний опір	Δh	Па	69,46	44,76	30,02

Отже, застосування нових поверхонь нагріву дасть змогу збільшити температурний напір, зменшити масогабаритні характеристики парового котла на 30-40%, підвищити ККД на 3-5% шляхом зменшення втрат з відхідними газами та від зовнішнього охолодження. В результаті цього зменшиться витрата природного газу 8-11% із збереженням номінальної паропроодуктивності [2].

Перелік посилань:

1. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1988.- 528 с.;

2. Бойко Е.А. Паровые котлы: Учеб. пособие для вузов - М.: Красноярский государственный технический университет, 2005. – 135 с.

КАМЕРИ ЗГОРЯННЯ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ МАЛОЇ ПАРПРОДУКТИВНОСТІ

Конструкції парових котлів малої продуктивності вдосконалювались за рахунок впровадження ефективних поверхонь нагріву, сучасних топкових та пальникових пристроїв, застосування нових технологій виготовлення поверхонь нагріву, деталей та елементів котлів. Новий напрям розвитку конструкцій котлів малої продуктивності дав можливість спалювання відходів сільськогосподарського та промислового виробництва, що відбилося в оснащенні таких котлів спеціальними топковими пристроями.

Котли малої продуктивності можуть спалювати всю гаму видів органічного палива, включаючи природний газ, вугілля і відходи різного походження. При роботі на твердому паливі такі котли оснащуються шаровими топками різних конструкцій. Шаровий метод спалювання твердого палива займає чільне місце в технології спалювання, висока стабільність процесу горіння в широкому діапазоні, можливість спалювання палив з різною вологістю, відсутність складної і енергоємної системи пилеприготування, простота в управлінні - всі ці обставини роблять шарові топкові пристрої в установках порівняно невеликої продуктивності кращими ніж факельні. Для роботи на кам'яному вугіллі й антрациті котел оснащується напівмеханічною топкою з пневмомеханічними накидачами та решітками з поворотними колосниками. Для роботи на деревних відходах котел оснащується топкою Померанцева [1]. Ця шахтна топка розділена на дві частини (передтопок й топку) спеціальними вертикальними решітками, виконаними з ребристих труб. Таке вирішення дозволило підвищити теплову напругу топкового об'єму і одночасно обмежити винесення дрібних частинок деревини, що, відповідно, значно знижує втрати з механічним недопалюванням й підвищує коефіцієнт корисної дії котла. При роботі на фрезерному торфі котел оснащується топкою Шершньова. Ця циркуляційно-вихрова топка є своєрідним прототипом топки з киплячим шаром. У ній частинки торфу згорають у своєрідному вихорі й до повного вигорання багато разів повторюють кільцеву траєкторію. При спалюванні природного газу або мазуту котел має звичайну камерну топку з фронтним розташуванням пальників. Пилоподібне спалювання твердого палива.

Коефіцієнт корисної дії котла залежить від спалюваного палива й знаходиться у межах від 74% (буре вугілля) до 92 % (природний газ).

На даний час багато вітчизняних і особливо зарубіжних виробників котлів, використовуючи сучасні технології та нові конструкційні матеріали, освоїли випуск водотрубних котлів продуктивністю до 30 т/год пари на тиск до 1,0 МПа. Завдяки теплоті розжарених газів, що виходять із зони активного горіння дозволяє успішно спалювати в шарових топках паливо з вологістю 45-50% в тому числі біопалива

Перелік посилань:

- 1 Померанцев К. М. Основы практической теории горения. / Энергия, 1973. - 309 с.

СЕКЦІЯ №3

Сучасні технології в тепловій енергетиці

УДК 621.6

Студент 4 курсу, гр. ТС-42 Анікєсв Т.Ю.

Ст.викл., к.т.н. Нікуленкова Т.В.

МЕТОД ОЧИСТКИ ДИМОВИХ ГАЗІВ ЗА ДОПОМОГОЮ УСТАНОВКИ "CHILLED AMMONIA PROCESS"

З кожним роком зростає споживання вугілля, яке добувається найбільш дешевим відкритим способом. В поточному 2018 році передбачається скорочення частки АЕС у виробництві електроенергії на 1,5 % і збільшення частки ТЕС у виробництві електроенергії на 1 %.

Ці дані свідчать про важливість вирішення проблеми чистоти повітряного басейну в районі ТЕС для очистки продуктів згоряння від CO_2 . Для очистки димових газів від CO_2 пропонується установка «Chilled Ammonia Process», яка використовує холодний водний розчин аміаку. Поглинання CO_2 з димових газів здійснюється за допомогою сольового розчину карбонату амонію $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \times \text{H}_2\text{O}$.

Робоча температура процесу абсорбції $0-10^\circ\text{C}$ забезпечує високий коефіцієнт поглинання CO_2 і низьку емісію NH_3 . Регенерація відбувається при температурі понад 120°C і тиску більше 20 бар, що дозволяє мати потік газоподібного CO_2 під тиском з низьким вмістом домішок і аміаку.

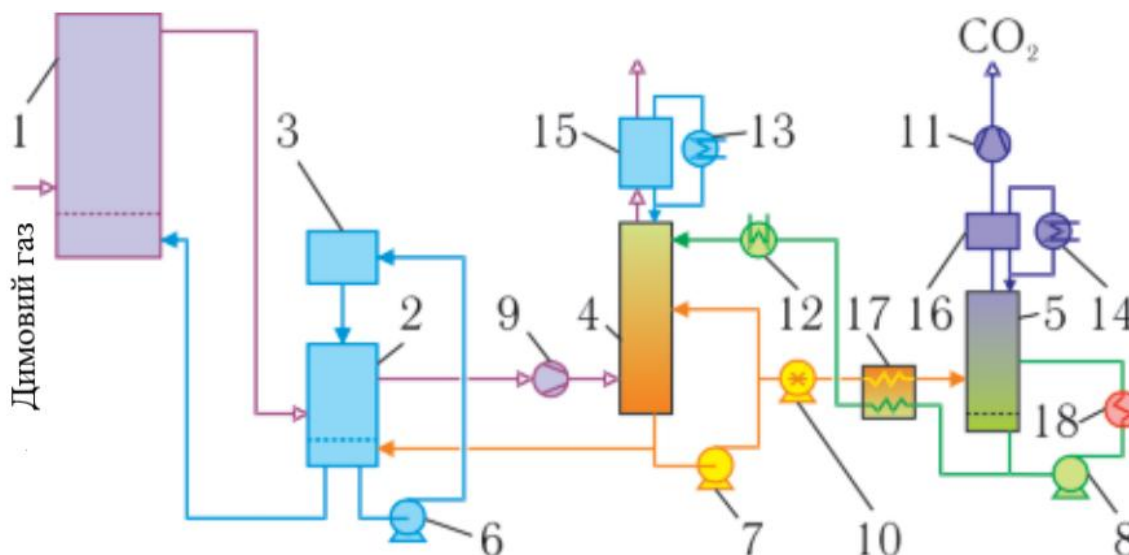


Рисунок 1 – Принципова схема установки «Chilled Ammonia Process»

1 – промивна колона; 2 – скрубер; 3 – холодильна машина; 4 – абсорбер; 5 – десорбер;
6, 8 – насоси; 9 – ексгаустер; 10 – насос високого тиску; 11 – дотискати компресор;
12, 14 – холодильники; 15, 16 – дефлегматори; 17 – теплообмінник; 18 – кип'ятильник

Розроблена установка «Chilled Ammonia Process» має наступні переваги: високоефективне видалення CO_2 ; висока абсорбційна здатність; високий тиск регенерації; низька температура реакції; низька вартість реагенту.

Перелік посилань:

1. Нові технології видалення CO_2 з відпрацьованих газів теплових станцій / Г.К. Лавренченко, А.В. Копытин. – Одеса: 2011. – 42 с.

ЧИННИКИ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ВИРОБЛЕННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТЕПЛОФІКАЦІЙНИМИ ТУРБІНАМИ НА ТЕПЛОВОМУ ПОТОЦІ

На даний момент в енергетиці України стоїть завдання продовження терміну служби діючого енергетичного обладнання. З метою підвищення ефективності роботи теплофікаційних турбін пропонується комплекс термодинамічних, режимних, схемних і технічних заходів, які можуть виконуватися в період реконструкції та модернізації обладнання. Показником економії палива при теплофікації є вироблення електроенергії на тепловому споживанні [1, 2].

Основні фактори, які визначають рівень вироблення електроенергії на тепловому потоці [1]:

1. При існуючих температурних графіках в тепломережах зазвичай використовується двох ступеневий підігрів мережевої води. Для найбільшого вироблення електроенергії на тепловому потоці необхідно забезпечувати термодинамічно оптимальний (рівномірний) підігрів по ступенях) незалежно від режиму роботи турбіни.
2. Конструктивне виконання теплофікаційних відборів із загального потоку пара не дозволяє забезпечити термодинамічний оптимальний нагрів мережевої води, що знижує вироблення електроенергії на споживаній теплоті (зниження на 2–3%).
3. Наявність теплофікаційного відсіку істотно впливає на внутрішній відносний ККД турбіни при різних режимах її роботи (зниження ККД теплофікаційного відсіку на ~40%, недовиріток електроенергії на тепловому потоці 0,1–0,2% за опалювальний період).
4. Чим менше конденсаційний потік, тим вище вироблення електроенергії на тепловому потоці. По можливості при максимальному тепловому навантаженні споживача необхідно забезпечити закриття регулюючої діафрагми турбіни.
5. При недотриманні температурного графіка теплової мережі, не підтримці проектної температури в зворотній мережі, підвищення її на 10-20 °С призводить до недовирітку електроенергії на тепловому споживанні на 2–5%.
6. Як показують розрахунки, співвідношення навантажень на гаряче водопостачання і опалення впливає на величину вироблення електроенергії на тепловому споживанні, зростання частки гарячого водопостачання – знижує вироблення електроенергії.
7. Суттєво впливає коефіцієнт теплофікації – з ростом коефіцієнта (більш тривалий опалювальний період) збільшується і вироблення на тепловому споживанні.

З урахуванням вище наведених факторів можна забезпечити ефективне використання теплофікаційних турбін із ступінчастим підігрівом мережевої води для збільшення вироблення електроенергії на тепловому споживанні.

Висновки: До факторів, що впливають на теплофікаційне вироблення електроенергії, слід віднести: тип системи тепlopостачання, температурний графік відпуску теплоти, структуру теплових навантажень, значення коефіцієнта теплофікації, тип і конструкцію турбіни.

Перелік посилань:

1. Яковлев Б.В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения. М.: Новости теплоснабжения, 2008. – 448 с.
2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. – 6-ое изд., перераб.– М.: издательство МЭИ, 1999.– 472 с.

ГРАНИЧНІ УМОВИ ТЕПЛООБМІНУ ДЛЯ РОТОРА ВИСОКОГО ТИСКУ ВОЛОГО-ПАРОВОЇ ТУРБИНИ ПОТУЖНІСТЮ 1000 МВт

Для України атомна енергетика є стратегічно важливим елементом енергозабезпечення: сьогоднішній і прогнозований внесок її складає близько 50% електроенергії, що виробляється в країні. З п'ятнадцяти діючих в Україні енергоблоків термін експлуатації трьох вже було продовжено для їх роботи у понадпроектний період. До 2020 року спливає термін проектної експлуатації ще 9 атомних енергоблоків. Український уряд планує продовжити строк експлуатації цих реакторів ще на 10–20 років [1].

Для того, щоб продовжити термін експлуатації АЕС у понадпроектний період необхідно провести ряд робіт, що будуть підтверджувати працездатність даної АЕС.

Мета роботи полягає в дослідженні режимів роботи волого-парової турбіни потужністю 1000 МВт і визначенні граничних умов теплообміну на змінних режимах роботи енергоблоків для подальшого виконання оцінки малоциклової втоми турбіни К-1000-60/3000 Хмельницької АЕС, з метою визначення пошкоджуваності основного металу і залишкового напрацювання установки, а також індивідуального ресурсу ротора високого тиску [2].

Розрахункові дослідження ротора високого тиску турбоустановки К-1000-60/3000 проведено для найбільш характерних в практиці експлуатації ХАЕС режимів роботи.

На першому етапі перевірного розрахунку розроблена методика створення просторових конструкцій елементів турбомашин з застосуванням програмного продукту Solid Works для ротору високого тиску [3]. Для оптимізації розрахунків в моделі обрано такі точки, де температура металу є найбільш високою і мають місце максимальні градієнти температур на пускових режимах.

На схемі моделі ротора високого тиску (рис. 1) показані характерні точки на поверхні ротора, для яких задавалися значення температури, тиску і визначалися коефіцієнти тепловіддачі.



Рисунок 1 – Схема розташування точок для розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі по поверхні ротора високого тиску парової турбіни К-1000-60/3000

Перелік посилань:

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність"
2. РТМ 24.020.16-73. Турбіни паровые стационарные. Расчет температурных полей роторов и цилиндров паровых турбин методом электромоделирования. – М., 1973, № ВК-002/3209, 104 с.
3. Черноусенко О.Ю. Геометрична модель та граничні умови теплообміну ротора високого тиску турбоустановки Т-100/120 ВАТ «Харківська ТЕЦ-5» / Вісник НТУ «ХП».

Студент 4 курсу, гр. ТС-41 Боков Д.С.
Проф., к.т.н. Черноусенко О.Ю.

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА РЕСУРСУ ТРУБОПРОВОДІВ

Дослідження питань стосовно надійності трубопроводів на станціях до цього часу залишається актуальними. Динамічні характеристики трубопровідних систем багато в чому визначають їх надійність і гарантований ресурс роботи. Підвищена вібрація може призвести до втомного руйнування трубопроводу і аварійних ситуацій, пов'язаних з виходом з ладу різноманітного обладнання. А до ерозійно-корозійного зносу (ЕКЗ) схильні практично всі трубопровідні системи. До недавнього часу в нашій країні не достатньо уваги приділялося проблемі ЕКЗ трубопроводів, що призводило до погіршення економічних показників електростанцій.

Вивчення цієї проблеми присвячена велика кількість публікацій [1], однак на сьогоднішній день повного рішення не отримано через те, що кожна трубопровідна система є по-своєму унікальною. Для успішного розв'язання таких завдань і відповіді на питання про адекватність конкретної розрахункової моделі необхідно проведення всебічного експериментального аналізу системи, що враховує її технічні особливості, фізичний стан і умови експлуатації.

Аналіз літератури за даною тематикою показує [2], що не існує єдиних стандартів для протоколів виміру товщин стінок різних трубопровідних систем. Це ускладнює обробку результатів вимірів, проведених на різних електростанціях.

В даний час в багатьох країнах розроблене програмне забезпечення для визначення цих питань. Ці програми складені з використанням результатів стендових випробувань. Але в опублікованих роботах наводиться недостатньо даних про характер ЕКЗ та подібних причинах руйнування трубопроводів станцій, що ускладнює розробку заходів по боротьбі з погіршенням стану трубопроводів.

Процес ерозії приводить до зменшення товщини стінок трубопроводів так, що, у свою чергу, змінює жорсткісні і інерційні характеристики конструкції. У зв'язку з цим виникає необхідність у розробці універсального способу оцінки залишкового ресурсу трубопроводу, заснованої на аналізі властивостей ЕКЗ та аналізі особистих коливань системи.

На даний момент часу актуальною є система, де моделювання процесу деструкції металу робиться за наступною методикою [2]:

Розраховується вплив різноманітних факторів на знос системи та описується за наступною залежністю:

$$\delta = K_c \cdot f_1(w, T, h) \cdot f_2(pH) \cdot f_3(O_2) \cdot f_4(t).$$

Для трубопроводів різної конфігурації проводиться дослідження методом кінцевих елементів, за яким встановлюється значення частоти коливань при різноманітній ступені деградації металу.

За цими даними проходить моделювання процесу у програмній середі де і встановлюється остаточний ресурс системи.

Перелік посилань:

1. Исследование динамических характеристик трубопровода в условиях лабораторного эксперимента / А. А. Водка [и др.] .
2. Прогнозирование остаточного ресурса трубопроводов с учетом эрозийно-коррозионного износа / П.Н.Демидов, А.И.Трубаев

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНДЕНСАЦІЙНИХ УСТАНОВОК

Робота конденсаційної установки впливає на ефективність роботи всієї турбоустановки. Навіть при незмінних початкових параметрах пари перед турбіною (P_0 , T_0 , G_0) умови роботи її вихлопної частини в великій мірі залежать від тиску в конденсаторі P_k . Підвищення тиску P_k через зменшення витрати охолоджуючої води або підвищення її початкової температури, а також через порушення роботи конденсаційного пристрою зменшує наявний тепловий перепад в турбіні, що призводить до зниження термічного ККД циклу. Наприклад, зміна тиску P_k на 1 кПа в конденсаторах турбін ТЕС з початковим тиском пари $12,8\text{--}23,5 \text{ МПа}$ призводить до зміни потужності на $0,8\text{--}0,9\%$. [2]

Крім того, зниження тиску P_k , (якщо воно не викликане зниженням температури охолоджуючої води) має спричинити за собою збільшення витрати охолоджуючої води G_B , що, в свою чергу, призводить до збільшення гідравлічного опору конденсатора і в результаті – до підвищення витрат електроенергії на привід циркуляційних насосів. Всі заходи для модернізації конденсаційних установок зводяться на поглиблення вакууму або, як мінімум, на підтримку його в розрахункових межах, а також на підвищення надійності їх роботи. Модернізація конденсатора турбіни К-160-12,8 (К-175-12,8) проведена паралельно з модернізацією ЦНТ шляхом збільшення кількості відібраного пара на теплофікацію. Компонування трубопроводів відборів в перехідному патрубку «панельної» конструкції приведена у відповідність з виводом труб відборів з обійми ЦНТ. Конденсатор оснащений модернізованою системою очищення внутрішніх поверхонь охолоджуючих труб кульками з губчастої гуми, при умові додаткового очищення охолоджуючої води за допомогою фільтра очистки. Реконструйована зона повітроохолоджувача трубного пучка конденсатора шляхом заміни триходового повітроохолоджувача з поздовжнім обтіканням охолоджуючих труб пароповітряної сумішшю на повітроохолоджувач з відношенням його вхідного і вихідного перерізів $6:1$ і поперечним обтіканням охолоджуючих труб пароповітряної сумішшю для поліпшення умов теплообміну і зменшення парового опору останнього. Впровадження цих конструкторських рішень дозволить поглибити вакуум в конденсаторі приблизно на $0,5 \text{ кПа}$. В конденсаторі турбіни К-300-23,5 (К-310-23,5) при переході з трьохпоточної на двопоточну конструкцію ЦНТ перепроектований перехідний патрубок трубопроводів для відборів. Перехідний патрубок – «панельної» конструкції. Конденсатор укомплектований модернізованою системою очищення внутрішніх поверхонь охолоджуючих труб кульками з губчастої гуми і фільтром додаткової очистки води. При збільшених останнім часом вимогах до водяної щільності конденсаторів потужних парових турбін ТЕС, необхідно здійснювати заходи щодо переходу до застосування труб з матеріалів, більш стійких до ерозійних і корозійних руйнувань. Вирішенням проблеми є створення високогерметичних або «абсолютно щільних» конденсаторів, які мають задовольняти такі вимоги [2]: труби конденсаторів не повинні піддаватися пошкодженням і замінюватися протягом всього терміну служби енергоблоку (30-40 років); з'єднання труб з трубними дошками повинні зберігати протягом цього терміну повну герметичність.

Перелік посилань:

1. Исследование и расчет конденсационных устройств паровых турбин / Г.Г. Шкловер, О.О. Мильман; 1985.– М.: Энергоатомиздат.– 239 с.
2. Модернизация конденсационных устройств паровых турбин [Електронний ресурс] / Електронний доступ: <http://tesiaes.ru/?p=12730>

CFD-МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТИНЧАСТОГО ТЕПЛОБМІННОГО АПАРАТА

Відомо, що на сьогоднішній день система охолодження високопродуктивних повітряних компресорів, яка дозволяє охолодити як нагріті частини компресора, так і одержуваний стиснене повітря викидає теплоту в навколишнє середовище. Цю теплоту, можна використовувати з користю, наприклад для нагрівання води для побутових потреб. Існуючі системи охолодження можна умовно розділити на два види: системи повітряного охолодження і водяного. У разі використання водяної системи охолодження стає можливим використання пластинчастого теплообмінника. Відомо, що пластинчасті теплообмінники володіють високою компактністю, малим гідравлічним опором при одночасно високій інтенсивності теплообміну [1].

Як об'єкт моделювання використовувалася, розроблена реально діюча конструкція пластинчастого теплообмінника (підприємство «СІГМА-ІНЖИНІРИНГ», м. Київ). Конструкція складалася з окремих пластин, розділених гумовими прокладками, двох плит (однією нерухомою, а інший притискної), вхідних і вихідних патрубків з різними видами з'єднань, комплекту жорстко і герметично з'єднаних робочих гладких пластин, спеціальних напрямних, різьбових метизів і штуцерів для приєднання технологічних трубопроводів.

Як результат CFD-моделювання теплообміну і течії в міжпластинчастому каналі теплообмінника отримано температурне поле пластинчастого теплообмінника і гідравлічний опір, як за нагрітим, так і за охолоджуючим середовищем.

Згідно з методикою [2] втрати тиску в пластинчастому теплообміннику слід розраховувати за допомогою залежності:

$$\Delta P = x \xi \frac{L_n}{d_e} \left(\frac{\rho w^2}{2} + \frac{\rho w_{шт}^2}{2} \right), \quad (1)$$

де x – число пакетів для даного теплоносія, включених послідовно, шт., d_e – еквівалентний діаметр каналів; L_n – приведена довжина каналів, для даної конструкції дорівнює ширині пластини; w і $w_{шт}$ – відповідно швидкість теплоносія в каналах і в штуцерах на вході і виході (при швидкості в штуцерах менше 2,5 м/с їх гідравлічний опір можна не враховувати); ξ – коефіцієнт, гідравлічного опору.

Для турбулентного режиму течії коефіцієнт, гідравлічного опору можна розрахувати за залежністю [2]:

$$\xi = \frac{15}{\text{Re}^{0,25}}, \quad (2)$$

Розрахунок за формулою (1) дозволив визначити перепад тиску через теплообмінний апарат, який склав 13,79 кПа, тоді, як при обчисленні по CFD-моделі отримано значення 13,63 кПа, що показує їх гарне узгодження.

Таким чином, результати дослідження можуть бути використані для оцінки інтенсифікації теплообміну і аналізу перебігу з метою підвищення ефективності пластинчастого теплообмінника.

Перелік посилань:

1. Барановский, В.Н. Пластинчатые теплообменники [Текст] / В.Н. Барановский, Л.М. Коваленко, А.Р. Ястребенецкий. – М.: Машиностроение, 1973. – 678 с.
2. Стандартное оборудование для переработки растительного сырья. Ч. IV. Теплообменные аппараты: справочные материалы: учебное издание / М.И. Ведерникова, В.Б. Терентьев, В.С. Таланкин, Ю.Л. Юрьев. – Екатеринбург. – УГЛТУ. – 2007. – 100 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПІРОЛІЗНОГО РОЗКЛАДАННЯ СИРОВИНИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ У ГАЗОГЕНЕРАТОРНІЙ КАМЕРІ ТВЕРДОПАЛИВНОГО ПОБУТОВОГО КОТЛА

Першим етапом моделювання є моделювання 2-х фазного горіння в камері газогенерації.

Модель течії з двофазним горінням описує процеси горіння рідкого і твердого палива при дозвукових швидкостях течії газу. В основі моделі лежать наступні припущення [1]: краплі рідкого палива випаровуються в розрахунковому об'ємі, горіння парів палива протікає в газовій фазі; частинки твердого палива спочатку випускають летючі, а потім горить коксовий залишок. Горіння летучих протікає в газовій фазі, горіння коксу – на поверхні частинки. У процесі піролізу (виходу летючих) розмір частки залишається незмінним (змінюється її щільність). У процесі горіння коксового залишку щільність частки залишається незмінною (змінюється її діаметр). Масова частка золи в коксовому залишку залишається незмінною; газова фаза представлена наступними компонентами: летючі, O_2 , N_2 , CO_2 , H_2O ; частинка це капсула, що містить обумовлені масові частки летких, коксу, золи і вологи. Використану модель процесу піролізу докладно описано в [2].

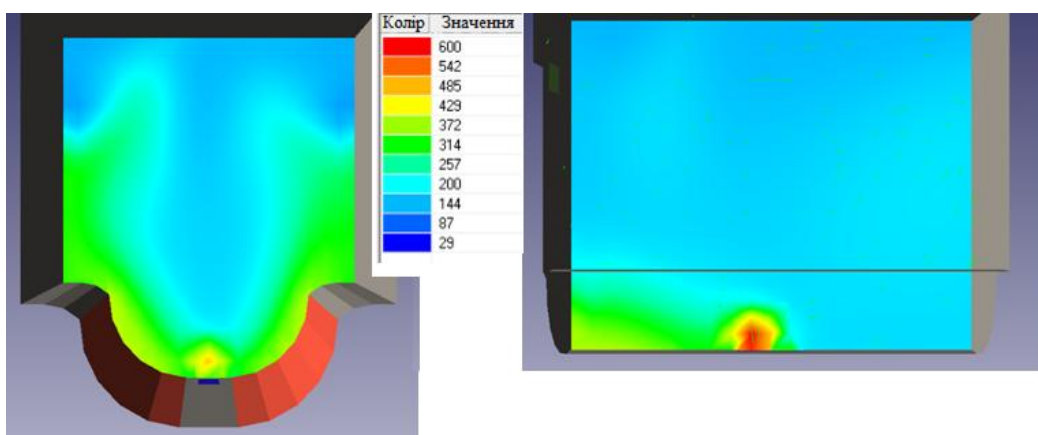


Рисунок 1 – Поле температури в камері згорання

Поля температур в камері згорання зображено на Рис. 1. Продукти згорання рухаються в сторону виходу з камери згорання, це підтверджується полем температур (висока температура біля виходу). З форсунки подається повітря з температурою $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Отримані на даному етапі результати (якісний та кількісний склад газів) використані на наступному етапі моделювання.

Перелік посилань:

1. Сухоцкий А.Б. Система моделирования движения жидкости и газа FlowVision версия 2.5.4. Руководство пользователя. М.: ООО «ТЕСИС», 2008. С. 279
2. Бабий В.И., Куваев Ю.Ф., "Горение угольной пыли и расчёт пылеугольного факела," М. Энергоатомиздат, 1986.– 208 с.

ОСНОВНІ ЕТАПИ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСУ ПРОЛІЗНОГО РОЗКЛАДАННЯ СИРОВИНИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ У ТВЕРДОПАЛИВНИХ ПОБУТОВИХ КОТЛАХ

Другим етапом є однофазне горіння летючих в камері згорання. Вхідні данні (кількісні та якісні параметри продуктів згорання) для даного етапу були отримані з попереднього етапу.

Модель горіння базується на наступних рівняннях: Нав'є-Стокса, рівнянні енергії, рівняння для скалярних величин ξ , що описують концентрацію палива, окиснювача, продуктів згорання, нейтрального газу, оксидів азоту.

Моделі горіння летких базується на одній з двох моделей (модель Магнуссена, або модель Зельдовича) в залежності від параметрів моделі.

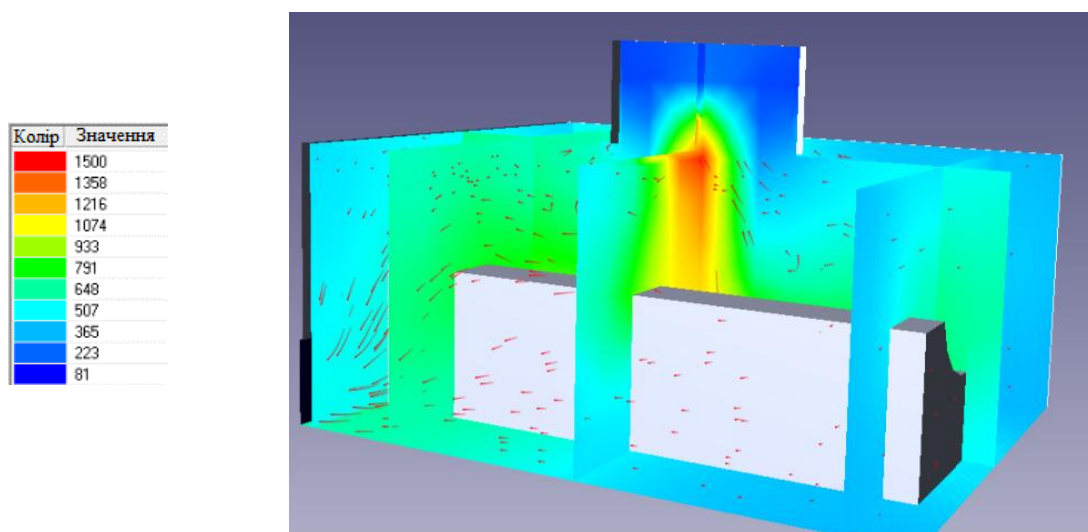


Рисунок 1 – Розподіл температурного поля

Розподіл температур в камері згорання зображено на Рис. 1. Продукти згорання рухаються в сторону виходу, це підтверджується полем температур (висока температура біля виходу). З форсунки подається повітря з температурою 60 °С. Після змішування з генераторним газом відбувається займання та повне згорання. Температура с протилежного боку нижча. Причиною цього є відсутність витоку газів.

Перелік посилань:

1. Штефан Є.В. Информационная технология проектирования технологического оборудования для механической обработки дисперсных материалов // Межд. период. сб. науч. тр. «Обработка дисперсных материалов и сред. Теория, исследования, технологии, оборудование». Выпуск №12.– Одесса: НПО «ВОТУМ»,2002. -с.72–78.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБМІНУ В ЖАРОТРУБНОМУ ЕЛЕМЕНТІ ТВЕРДОПАЛИВНИХ ПОБУТОВИХ КОТЛІВ

Третім етапом є моделювання процесу теплообміну, що ґрунтується на розв'язку рівняння енергії з урахуванням радіаційної складової теплового потоку, Нав'є-Стокса і рівняння для турбулентних функцій переносу [1, 2].

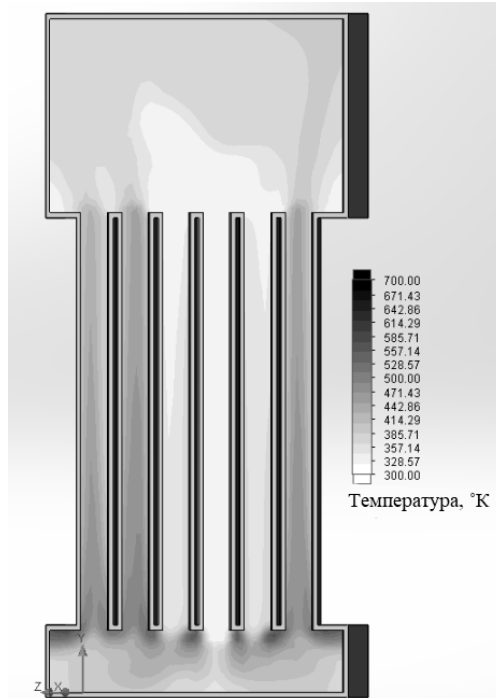


Рисунок 1 – Розподіл температури в жаротрубному елементі

Температура продуктів згорання різко знижується при проходженні через жаротрубний елемент, що відповідає дійсності.

Побудована модель та отримані в результаті моделювання дані є одним з етапів роботи, що дозволить в подальшому створити докладну математичну модель процесу та дасть змогу встановити зв'язок між конструктивними параметрами існуючих типів піролізних побутових котлів та процесом піролізного високотемпературного розкладання сировини з урахуванням технологічних параметрів.

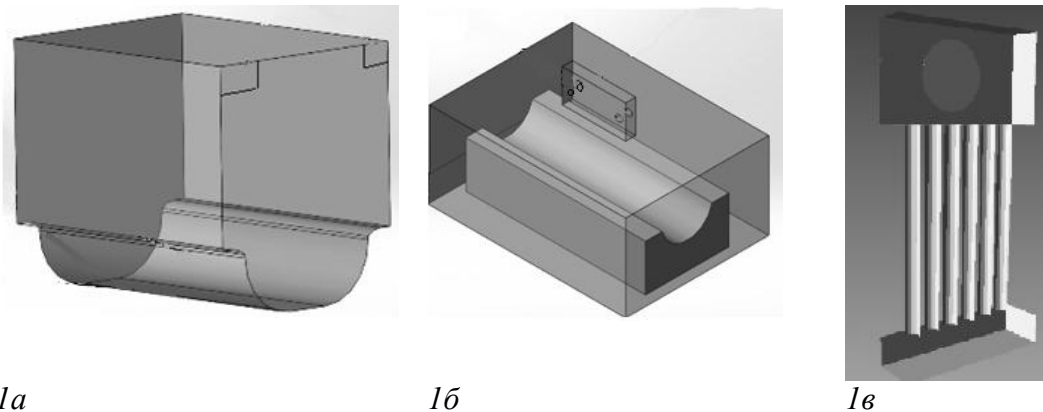
Перелік посилань:

1. Aksenov A, Dyadkin A, T. Luniewski, Pokhilko V. Fluid Structure Interaction analysis using Abaqus and FlowVision, Proc. 2004 Abaqus user conference, USA, Boston, 2004
2. Степанов Д.В., Ткаченко С.Й., Боднар Л.А. Математичне моделювання теплообмінних процесів у жаротрубному елементі водогрійного котла малої потужності / Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2007. – № 2. – С. 66-69

ОСНОВНІ ЕТАПИ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСУ ПІРОЛІЗНОГО РОЗКЛАДАННЯ СИРОВИНИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ У ТВЕРДОПАЛИВНИХ ПОБУТОВИХ КОТЛАХ

Моделювання проведено для подальшої раціоналізації конструкції та режимів роботи твердопаливного піролізного побутового котла.

Піролізне високотемпературне розкладання деревини з урахуванням теплообміну між потоками продуктів згорання та теплоносієм є складним процесом. В таких випадках доцільно використовувати модульне моделювання. Вхідними параметрами для кожного наступного етапу є вихідні параметри попереднього. В математичній моделі використано ряд спрощень. Процес горіння в твердопаливному побутовому піролізному котлі був розбитий на три основні етапи. 3D модель для кожного етапу представлена на рис. 1.



1а
1б
1в
Рисунок 1 – Просторова модель для моделювання
а – двухфазного горіння, б – однофазного горіння, в – теплообміну

Перший етап двухфазне горіння при недостатчі кисню в камері газогенерації. На цьому етапі відбувається виліт летучих та горіння твердого залишку.

Другим етапом є однофазне горіння летучих в камері згорання. Вхідні данні (кількісні та якісні параметри продуктів згорання) для даного етапу були отримані з попереднього етапу.

Третім етапом є моделювання процесу теплообміну, що основане на розв'язку рівняння енергії з урахуванням радіаційної складової теплового потоку, Нав'є-Стокса і рівняння для турбулентних функцій переносу.

Розроблена інформаційна технологія для моделювання процесу піролізного розкладання деревини, що використано в подальшій роботі.

Перелік посилань:

1. Штефан Є.В. Информационная технология проектирования технологического оборудования для механической обработки дисперсных материалов // Межд.период.сб. науч.тр. «Обработка дисперсных материалов и сред. Теория, исследования, технологии, оборудование». Выпуск №12.– Одесса: НПО «ВОТУМ»,2002. -с.72–78.

УДК 621.5

Студент 4 курсу, гр. ТС-42 Горохова М.В.
Асист. Шелешей Т.В.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОТИ ВІДХІДНИХ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПАЛИВА В ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВКАХ

Одним з ефективних засобів економії палива та захисту навколишнього середовища є використання низькотемпературних вторинних джерел енергії. У розвинених країнах багато уваги приділяють створенню та впровадженню теплонасосних установок (ТНУ), призначених для опалення, гарячого водопостачання, сушіння тощо.

У продуктах згоряння природного газу (димових газах) міститься підвищена концентрація водяної пари, на створення якого витрачена певна частина теплоти згоряння палива. Використовуючи контактні утилізатори (КУ), температуру газів за ними можна знизити до температури, яка менше температури точки роси. Температура охолоджених газів має певне оптимальне значення, оскільки у разі зменшення температури КУ зменшується температура охолоджуючої води і зростають витрати на привід компресора ТНУ.

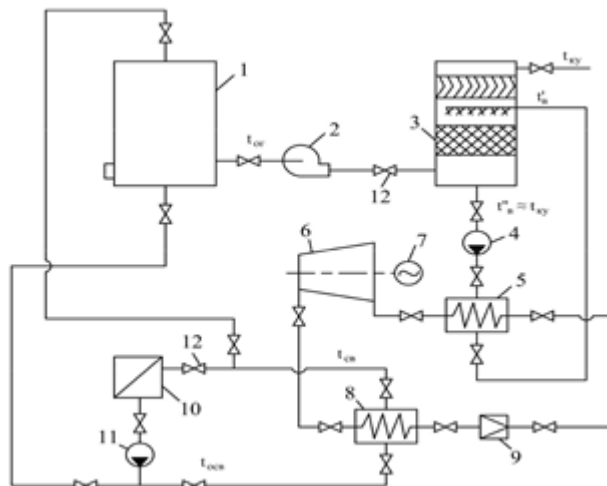


Рисунок 1 – Принципова схема утилізації теплоти відхідних газів з котла за допомогою контактної утилізатора і теплонасосної установки:

1 – водогрійний котел; 2 – димосос; 3 – контактний утилізатор; 4 – циркуляційний насос; 5 – випарник ТНУ; 6 – компресор; 7 – електродвигун; 8 – конденсатор ТНУ; 9 – дросельний пристрій; 10 – тепловий споживач; 11 – мережевий насос; 12 – арматура

Відхідні гази з котла з температурою $t_{ог}$ надходять в контактний утилізатор і охолоджуються до температури $t_{ку}$ циркуляційної водою. При цьому утилізована теплота з водою надходить у випарник ТНУ, де випаровує робоче тіло ТНУ. За рахунок підведення роботи компресора з конденсатора ТНУ відводиться певна теплова потужність, що постачається споживачам. Застосування контактних утилізаторів теплоти разом з теплонасосними установками дозволяє підвищити ефективність використання палива на 7,2% і економити витрати умовного палива до 40 кг/год. Використання теплонасосних установок обумовлює підвищення потужності мережевих насосів від 10 до 30%.

Перелік посилань:

1. Жовмір М.М. Утилізація низькотемпературної теплоти продуктів згоряння палива з допомогою теплових насосів / М.М. Жовмір // Пром. теплотехніка, 2008. – т. 30 – № 2. – С. 90 – 97.
2. Клименко Н. Некоторые особенности применения пароконденсационных тепловых насосов для утилизации сбросной теплоты отопительных котлов / У.М. Клименко // Пром. теплотехника, 2011.– Т. 33 – № 5. –С. 43 – 48.

МАЛОЗАТРАТНІ ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕЦ

Формування систем теплопостачання пов'язано з рішенням таких проблем, як зміни структури теплогенеруючих джерел з виходом на більш високі техніко-економічні показники їх роботи за умов повного якісного покриття теплових навантажень споживачів. Адже доля теплоелектроцентралей в світовому виробництві складає 9% із можливим потенціалом розвитку до 2025 р. понад 17% [1].

Проте в Україні ТЕЦ розвиваються дуже повільно. До основних факторів, що ускладнюють розвиток теплоелектроцентралей слід віднести відсутність комплексного міського проектування холодо- і теплопостачання і відсутність методики оцінки їх енергетичних і екологічних переваг. В Україні працює близько 250 ТЕЦ, понад 200 з них – дрібні відомчі промислові установки, які забезпечують 23 % від загального виробництва тепла. Теплоелектроцентрالی працюють з використанням основного палива: природного газу – 76–80%; мазут – 15–18%, вугілля – 5–6%. Обладнання ТЕЦ застаріле, не відповідає сучасним екологічним та економічним вимогам, потребує реконструкції, модернізації або повної заміни. Також потребують значної модернізації та зміни режиму роботи Блок-станції, оскільки спад виробництва енергоємних підприємств привів до зниження споживання технологічної пари з промислового відбору турбін і недовиробітку електричної і теплової енергії. Однак, багато енергосистем, що включають ТЕЦ, відчувають дефіцит електричної потужності, тому змушені збільшувати виробіток електроенергії в неекономічному конденсаційному режимі, оскільки в нашій країні не розглядають варіант коли ТЕЦ приймає участь у регулюванні навантаження енергосистеми.

Саме тому, враховуючи зношеність механізмів і відсутність засобів на переустаткування енергетичного обладнання, важливі малозатратні технології підвищення потужності і економічності ТЕЦ та промислових Блок-станцій. До таких технологій модернізації можна віднести варіанти з мінімальними капіталовкладеннями, позитивним економічним ефектом та поверненням коштів менш ніж за 1 рік [2–3], а саме це такі варіанти як:

- 1) Перерозподіл пари промислового відбору між турбінами ТЕЦ;
- 2) Використання пари промислових відборів турбін для вироблення пікової конденсаційної електроенергії на ТЕЦ;
- 3) Застосування виносних циклонів котла на маневрених ТЕЦ;
- 4) Застосування турбопривода живильного насоса;
- 5) Застосування випарників, пароперетворювачів;
- 6) Застосування сепараторів живильної води на ТЕЦ;
- 7) Застосування детандер-генераторних агрегатів.

Методи, щодо підвищення ефективності ТЕЦ можуть бути використані на ТЕЦ різних потужностей та промислових станціях. Впровадження малозатратних схем модернізації дає значний економічний ефект з окупністю протягом одного року. Позитивним моментом від запровадження є покращення не тільки економічних, а й екологічних показників.

Перелік посилань:

1. Новини Енергетики України // електронний ресурс // <https://energynews.com.ua/>
2. Хлебалин Ю.М., повышение маневренности ТЭЦ с использованием малозатратных технологий. // «Промышленная энергетика». – 2000 г. -№1.
3. Хлебалин Ю.М., Захаров В.В.. Пути повышения зффективности использования промышленных отборов турбин ТЭЦ.- Промышленная энергетика 1997, №8.

ВАЛІДАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ CFD-МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ І ТЕПЛООБМІНУ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМУ ОМИВАННІ ШАХОВИХ ПУЧКІВ ТРУБ

З метою створення простих і надійних методик теплового проектування теплообмінних апаратів необхідно знати і вміти визначати теплогідравлічні характеристики. За допомогою методів CFD-моделювання можливо розраховувати конструкції будь-якої складності проте методика їх дослідження повинна пройти апробацію на простій тестовій задачі. Наприклад дослідженню течії і теплообміну при поперечному омиванні гладкої циліндричної одиночної труби.

Вирішувалась тестова задача в діапазоні чисел Рейнольдса від $5 \cdot 10^3$ до $35 \cdot 10^3$, що відповідає діапазону швидкості у вхідному перерізі каналу від 2 до 15 м/с. Для визначення згаданих характеристик використовувалась CFD-модель аеродинамічної труби, в робочу ділянку якої встановлювали дослідний зразок. Модель аеродинамічної труби представляє собою прямокутний канал розмірами $70 \times 140 \times 500$ мм. Дослідна труба розташовувалась в канал таким чином, щоб відстань від входу в канал до лобової точки труби не перевищувала $5D$ (D – зовнішній діаметр труби). Довжина області від кормової точки труби до вихідного перерізу каналу складала $10D$. Використовувалась нерівномірна розрахункова сітка, яка апроксимувала розрахункову область таким чином, щоб була можливість прогнозувати наявність гідродинамічних ефектів, які виникають при омиванні тіл циліндричної форми. Для досягнення цієї мети розрахункова сітка згущувалась як від периферії до стінки труби так і до поздовжньої та поперечної вісі циліндричної труби. При моделюванні для всіх типорозмірів вибирались незмінними наступні граничні умови:

- температура потоку на вході в гвинтоподібну трубу $t_{вх}=26$ °С.
- температура стінки труби $t_{ст}=100$ °С.

Витрата повітря через трубу, яка в представленому обчислювальному експерименті вибиралась рівною $9 \cdot 10^{-4}$, $9 \cdot 10^{-3}$, $3 \cdot 10^{-2}$ кг/с.

Результати розрахунку теплообміну, отримані за допомогою CFD-моделі, порівнювались з відомими залежностями для визначення конвективних коефіцієнтів тепловіддачі при омиванні поперечним потоком поодиноких циліндричних труб Міхеєва (1) [1] і Жукаускаса (2) [2].

$$Nu = 0,23 \cdot Re^{0,65}, \quad (1)$$

$$Nu = 0,26 \cdot Re^{0,6} Pr^{0,37}. \quad (2)$$

Аналіз свідчить про те, що дані числового моделювання розташовуються практично по середині між даними авторів [1] і [2]. Відхилення складає 20 %, тому можна вважати результат верифікації задовільним, а модель життєздатною.

Перелік літератури:

1. Михеев М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева – Изд. 2-е, стереотип. М: Энергия, 1977. – 344 с.: ил.
2. Жукаускас А. Теплоотдача пучков труб в поперечном потоке жидкости / А. Жукаускас, В. Макарявичюс, А. Шланчяускас. – Издательство «Минтис», Вильнюс, 1968, – 192 с.

ВИКОРИСТАННЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЦІ

Суть адитивних технологій полягає у з'єднанні матеріалів для створення об'єктів з даних 3D-моделі шар за шаром. Цим вони відрізняються від звичайних субтрактивних технологій виробництва, що забезпечують механічну обробку – видалення речовини з заготовки. Адитивні технології класифікують:

- по використовуваних матеріалах (рідким, сипким, полімерним, металопорошковим);
- за наявності лазера;
- за способом фіксування шару побудови (тепловий вплив, опромінення ультрафіолетом або видимим світлом, сполучним складом);
- за способом утворення шару. Є два способи формування шару. Перший полягає в тому, що спочатку насипають на платформу порошковий матеріал, розподіляють його роликком або ножом для створення рівного шару матеріалу заданої товщини. Відбувається селективна обробка порошку лазером або іншим способом з'єднання частинок порошку (плавкою або склеюванням) згідно з поточним перерізом САD-моделі. Другий спосіб полягає в безпосередньому осадженні матеріалу в точку підведення енергії;
- Організація ASTM, що займається розробкою галузевих стандартів, поділяє 3D-адитивні технології на 7 категорій;
- Видавлювання матеріалу. В точку побудови за підігрітим екструдером подається пастоподібний матеріал, що представляє собою суміш сполучного матеріалу і металевого порошку;
- Розбризування матеріалу. Наприклад, в технології Polyjet wick або фотополімер по багатоструйній голівці подається в точку побудови. Ця адитивна технологія також називається Multi jetting Material;
- Розбризування сполучного. До них відносяться струменеві Ink-Jet-технології впорскування в зону побудови не модельного матеріалу, а сполучного реагенту (технологія адитивного виробництва ExOne);
- З'єднання листових матеріалів. Тонкі пластини з металу зварюють ультразвуком, після чого надлишки металу видаляють фрезеруванням. Адитивна технологія тут застосовується в поєднанні з субстрактвербною;
- Фотополімеризація у ванні. Технологія використовує рідкі модельні матеріали – фотополімерні смоли. Прикладом можуть служити SLA-технологія компанії 3D Systems і DLP-технологія компаній Envisiontec, Digital Light Procession;
- Плавка матеріалу в заздалегідь сформованому шарі. Використовується в SLS-технологіях, в якості джерела використовують енергію лазера або термоголовку;
- Пряме підведення енергії в місце побудови. Матеріал і енергія для його плавлення надходять в точку побудови одночасно. В якості робочого органу використовується головка, оснащена системою підведення енергії і матеріалу.

Перелік посилань:

1. Забелин Б. Ф., Конников Е. А. Экономические аспекты развития аддитивных технологий // Вестник научных конференций. – Тамбов: ООО Консалтинговая компания Юком, – № 3-3 (3). – 2015. – 168 с. – С. 64-67.
2. Аддитивные технологии, материалы и конструкции: материалы науч.- техн. конф. (Гродно, 5-6 окт. 2016 г.) / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]; редкол.: А. И. Свириденок (гл.ред.) [и др.]. – Гродно: ГрГУ, 2016. – 274 с.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ГІДРОМУФТ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ

Відцентрові насоси є одним із найбільш енергомістких видів обладнання, що широко застосовуються в промисловості, енергетиці і комунальному господарстві. Регулювання виробництва відцентрових насосів має великий потенціал до економії електроенергії [1]. Для електроприводних насосних агрегатів потужністю понад 500 кВт добре зарекомендували себе регульовані гідромуфти (рис. 1).

Основним спонукальним мотивом до їх установки є заощадження електроенергії в порівнянні з дросельним регулюванням насосних агрегатів. Як пристрій регулювання насосних агрегатів, гідромуфта є альтернативою частотно-регульованим приводам (ЧРП), також мають широке застосування. Параметри регулювання (діапазон, точність, швидкодію і т.д.) у цих пристроїв практично однакові і вибір того чи іншого з них визначається з техніко-економічних міркувань.

До переваг гідромуфт відносяться:

- Простота конструкції і дуже висока надійність;
- Мінімальне обслуговування своїми силами і великий термін служби;
- Істотно менші ніж в ЧРП початкові капіталовкладення.

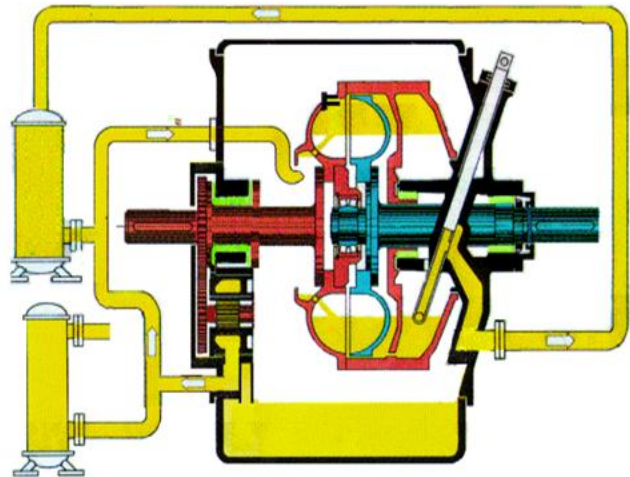


Рисунок 1 – Конструкція гідромуфти

Потенціал енергозбереження від застосування гідромуфт на електростанціях оцінюється на рівні 5 - 6 млрд. кВт-год на рік. Крім цього суттєво поліпшуються режими роботи насосного і компресорного обладнання і підвищується його надійність. Проведений порівняльний аналіз строків окупності при оснащенні живильних насосів регулюючим гідромуфтами показав, що термін окупності складає 8 місяців. Тому переваги даної технології в порівнянні з частотно-регульованим приводом складаються в економії інвестиційних витрат, високої надійності і технічної готовності.

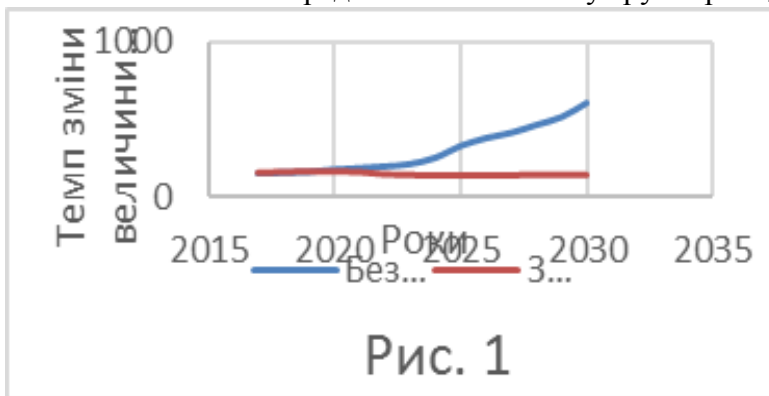
Перелік посилань:

1. Костенко Д.А. Регулируемые приводы: возможности, затраты, эффективность [Текст] / Д. А. Костенко, В. Б. Иванов // ТЭК. — 2008. — № 4. — С. 30–33.
2. Ситас В.И. Гидромуфта Фойт — конкурентоспособный регулируемый привод для энергетики [Текст] / В.И. Ситас, А. Пёшк, М. Рихтер // Энергетик.— 2005.— № 2.— С. 45.

ОЦІНКА ЕФЕКТУ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

Ефекти від реалізації проектів по реконструкції теплових мереж в зв'язку з вичерпанням експлуатаційного ресурсу можна поділити на чотири групи:

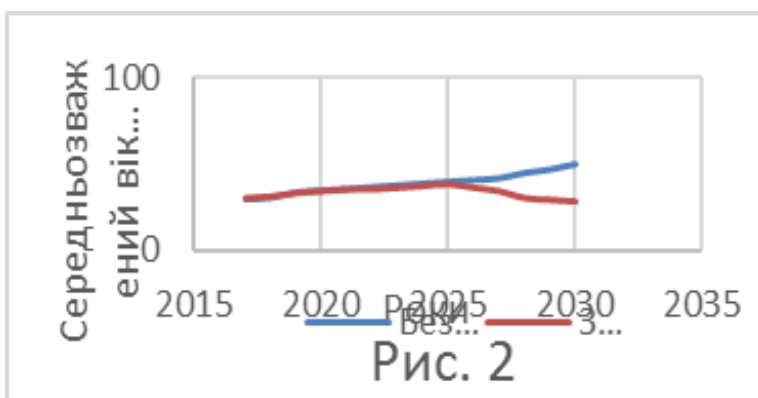
1. Підвищення надійності тепlopостачання;
2. Зниження теплових втрат;
3. Зниження витрат на аварійно-відновлювальні роботи в зв'язку з скороченням пошкоджуваності ділянок трубопроводів теплових мереж;
4. Зниження середньозваженого віку трубопроводів теплових мереж.



Ефект від підвищення надійності виражається як у поліпшенні безпосередньо показників надійності тепlopостачання, так і поліпшенням показників, частково характеризують надійність тепlopостачання: скорочення перерв в подачі теплоносія і скорочення обсягів недовідпуску теплової енергії

споживачам в результаті аварій. Зниження теплових втрат зумовлено тим, що реконструйовані ділянки трубопроводів теплових мереж будуть мати теплоізоляційні властивості, що відповідають нормативним. Зниження витрат на аварійно-відновлювальні ремонти обумовлено скороченням пошкоджуваності. На рис. 1 наведено порівняльний графік зміни величини витрат на АВП для випадку, якщо теплові мережі не реконструюються (без проектів) і з урахуванням реконструкції.

Нижче наведено порівняльний графік зміни середньозваженого віку трубопроводів теплових мереж для випадків «без проекту» і «з проектом» (рис.2).



Підсумком розробки пропозицій по реконструкції теплових мереж в схемі тепlopостачання є:

1. Сформований перелік пропонуваного до реконструкції ділянок трубопроводів теплових мереж із зазначенням всіх характеристик (найменування теплових камер, довжина, діаметр, спосіб прокладки, тип ізоляції);

2. Реєстр проектів, сформований на базі вищезгаданого переліку, що включає в себе, в числі іншого, оцінку витрат на реалізацію кожного проекту;

3. Ефекти, що досягаються в результаті реалізації проектів, враховуються в інших розрахунках, виконуваних в схемі тепlopостачання.

Перелік посилань:

1. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. “Отопление и тепловые сети” ИНФРА-М, 480 с.
2. Теплофикация и тепловые сети. Соколов Е.Я, 2001.

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУРБУУСТАНОВОК

КПД современных паротурбинных установок (ПТУ) не превышает 45%. Значительно меньшей эффективностью обладают газовые турбины (ГТУ). Одними из перспективных путей повышения эффективности использования топлива есть реализация комбинированного паротурбинного цикла, при этом КПД достигает значений 58–60%. Основным топливом в этих установках является природный газ, обладающий высоким энергетическим потенциалом и минимальным содержанием CO_2 в продуктах сгорания. В связи с постоянным ростом цен на топливо, необходимым становится внедрение современных энергоэффективных технологий.

Одним из способов повышения эффективности турбоустановок, лишенного недостатков, в том числе экологического характера, является конверсия метана за счет физической теплоты уходящих газов (термохимическая регенерация). В результате получается топливо с существенно более высокой теплотворной способностью.

Для повышения эффективности ГТУ наиболее целесообразный вариант с комбинированной системой регенерации теплоты – подогревом воздуха + ТХР. Следует отметить, что на пути использования ТХР для ГТУ возникают трудности. Однако они могут быть решены использованием специальных приемов [1]. Установлено, что работа с пониженным значением степени расширения в газовой турбине (10–12) позволяет при $t_0 = \text{const}$ повысить температуру уходящих газов до 900°C. Это позволяет в цикле ПТУ повысить значение КПД. И при снижении степени сжатия в компрессоре ГТУ появляется возможность в интервале температур 900–650°C установить конвертер метана, а в интервале температур 650–100°C – утилизационный парогенератор. Таким образом повышается эксергетическая ценность конвертированного газа на 20–25% по сравнению с исходным топливом.

Перспективная схема повышения эффективности мощных ПТУ рассмотрена в работе [2]. Представлен вариант повышения эффективности мощных турбоустановок за счет использования ТХР в виде двухступенчатой конверсии метана для получения чистого водорода, сжигаемого затем в камерах сгорания и в конвертере. Продуктом сгорания водорода в среде чистого кислорода является высокотемпературный водяной пар, который смешивается с водяным паром ПТУ, существенно повышая его температуру. Такое решение позволит повысить рабочую температуру в цикле ПТУ до 1000 °C, а также избавиться от диоксида углерода как рабочего тела ПТУ и затрат на его извлечение.

Основными преимуществами выше предложенного метода является: уменьшение энергозатрат на обеспечение работы вспомогательного оборудования, снижение расхода природного газа, кислорода, и количество выделяющегося диоксида углерода.

По оценкам следует, что применение ТХР теплоты природного газа на мощных ПТУ повышает эффективный КПД цикла до 57,6%. Одновременное производство дополнительного продукта – жидкого низкотемпературного диоксида углерода – и экономия мазута дают возможность уменьшить эмиссию CO_2 в окружающую среду на 30–100 %.

Перечень ссылок:

1. Носач В.Г., Шрайбер А.А., Повышение эффективности использования природного газа в теплоэнергетике с помощью термохимической регенерации // Пром. теплотехника, 2009.- т.31.- №3.- С.42-49.
2. Лавренченко К.Г., Копытин А.В. Использование природного газа и кислорода для повышения эффективности мощных паротурбинных установок // Технические газы, 2006.– №6.– С.38-46.

Магістрант 2 курсу, гр. ТС-61м Ковальчук В.А.; магістрант 2 курсу, гр. ТС-61м Мороз О.С.

Доц., к.т.н. Бутовський Л.С.

МАСООБМІННІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАТОР-ВИЙМКА

Як відомо, характеристики циклу будь-якої теплосилової установки, окрім інших факторів, в значній мірі залежать від характеристик формування поля температур в потоковому просторі. Втрати циклу в результаті відхилення поля температур газів від теоретичного профілю призводить до обмеження середньої температури робочого тіла і зменшення коефіцієнту корисної дії установки. В ідеальному варіанті поле температур газів в поперечному та коловому напрямках повинно бути рівномірним, але на практиці допускається певна нерівномірність поля температур. В палинкових пристроях стабілізаторного типу [1, 2] забезпечується можливість певного впливу на характер температури газів в топковому просторі за рахунок зміни системи подачі повітря та палива.

В таких палинкових пристроях кожен із стабілізаторів може розглядатися, як окремий мікродифузійний палинник, а їх сукупність – як палинковий пристрій певної потужності. Одним з варіантів забезпечення рівномірного поля температур газів в топці може бути розташування стабілізаторів за певною схемою з урахуванням характеру повітряного потоку, що набігає на стабілізаторну решітку.

Крім того можливість отримати певний характер температури газів в топці можна забезпечити при зміні системи газоподачі. В той час в стабілізаторних палинкових пристроях, які являють собою систему окремих модулів, існує проблема запалювання факелу і перекидання полум'я між окремими стабілізаторами. Це, як правило, призводить до порушення регулярності щодо запланованого характеру розподілу температури газів, а також до підвищення опору палинкового пристрою.

З метою зменшення втрат тиску в стабілізаторному палиннику була використана схема забезпечення перекидання полум'я між стабілізаторами за рахунок використання виймки, що розташована в кромочній частині стабілізаторів [3].

За допомогою програми Solid Works в ізотермічних умовах були проаналізовані масообмінні характеристики системи стабілізатор-виймка – поле швидкостей, тиску повітря, лінії току, а також концентрації газоподібного палива при подачі за різними схемами. На дослідному стенді кафедри ТЕУ Т і АЕС були проведені випробування комбінованої системи стабілізатор-виймка і отримані дані щодо впливу розміру виймки і системи газоподачі на характер формування поля температур газів і опір палинкового пристрою.

Перелік посилань:

1. Христич В.А. Горелочные устройства для сжигания газа при высоких и переменных избытках воздуха / В.А. Христич, Г.Н. Любчик // Москва: ВНИИПРОМГАЗ, 1978. –25 с.
2. Христич В.А. Исследование закономерностей выгорания топлива за уголковыми и плоскими стабилизаторами пламени / В.А. Христич, Г.Н. Любчик, Л.С. Бутовский, Е.А. Грановская // В сб. Теория и практика сжигания газа. – Л.: Недра, 1975. – С.324–333.
3. Стабілізаторно-нішовий газовий палинник. Патент №116906 / Черноусенко О.Ю., Бутовський Л.С., Грановська О.О., Абдулін М.З., Сірий О.А., Мороз О.С. // Бюл. №11 від 12.06.2017

ПЕРСПЕКТИВНI ТЕХНОЛОГIЇ В АЛЬТЕРНАТИВНIЙ ЕНЕРГЕТИЦI

Свiтове споживання енергiї становить близько 470 ЕДж (14,9 ТВт). Рiчний потенцiал споживання енергiї з поновлюваних джерел: сонячної енергiї – 1575 ЕДж, енергiї вiтру – 640 ЕДж, геотермальної енергiї – 5000 ЕДж, бiомаси – 276 ЕДж, гiдроенергiї – 50 ЕДж i енергiї океану – 1 ЕДж. Ми стаємо свiдками того, що ще десять-двадцять рокiв тому називали альтернативною енергетикою перетворюється в традицiйнi технологiї отримання електричної енергiї. У цьому перспективному напрямку прогрес не може стояти на мiсцi, i ми спостерiгаємо за появою ще бiльш надзвичайних технологiй.

Так, наприклад, вченi з голландського Delft University of Technology спiльно з архiтектурною компанiєю Mecapoo розробили новий спiсiб вироблення електрики з енергiї вiтру. Їх вiтровоелектростанцiя EWICON вiдрiзняється вiд звичних вiтрякiв тим, що у неї немає лопатей, що обертаються. EWICON схожа на величезну тенiсну ракетку i є великою прямокутною конструкцiєю з ґратами усерединi. У ориґiнального вiтряка немає механiчних частин, що рухаються, оскiльки вiн перетворить енергiю вiтру в електрику за допомогою електростатики. Принцип роботи простий: з невеликої сiтчастої труби (негативного електроду) бiля основи вiтряка розпилюються позитивно зарядженi крапельки води, якi пiдхоплюються вiтром i рухаються у напрямi позитивного сiтчастого електроду. У свою чергу, електрод захоплює позитивнi заряди i таким чином утворюється рiзниця потенцiалiв, яка виробляє електрику. При його роботi немає ризику для птахiв, менше вiрогiднiсть поразки блискавкою i падiння в результатi ураганного вiтру. [1]

Enel Green Power (EGP) вiдкрила перше в Италii сховище поновлюваної енергiї, яке iнтегроване в комплекс Catania 1. Це зробить управлiння електростанцiєю i енергетичними потоками гнучкiшим, знижуючи кiлькiсть перебоїв, якi можуть виникати на певних непрограмованих поновлюваних джерелах енергiї та надає об'єкту додатковi можливостi у роботi з енергомережою. У енергосховищi Catania 1 використана металогалогено-натрiєва технологiя Durathon, розроблена General Electric, з якою EGP має угоду про технологiчну спiвпрацю. Окрiм енергосховища в Катаннi добудовується у Базилiкате (пiвденний рeгiон Италii) вiтряна електростанцiя Potenza Pietragalla потужнiстю 18 МВт, обладнана лiтiй-iонними батареями 2 МВт/2 МВт×год вiд Samsung. [2]

Команда китайських iнженерiв розробила нову гiбридну сонячну панель, яка може збирати енергiю вiд крапель дощу, що падають. У iх технологiї використовується трибоелектричний ефект, при якому певнi матерiали роблять електричний заряд вiд контакту з iншими матерiалами. Трибоелектричнi наногенератори (TENG) виробляють заряд завдяки силам тертя : подiбнi пристрої можуть застосовуватися, наприклад, для збору статичної електрики з одягу, автомобiльних колiс або сенсорних екранiв. Але поки що ученi вiрiшили зосередитися на утилизациї латентної енергiї дощових крапель. Оскiльки полiмери абсолютно прозорi, сонячне свiтло без перешкод проходить крiзь них i потрапляє на фотоелементи, якi виробляють додаткову енергiю вiд ударiв дощових крапель. Ученi вiдмiчає, що ця проста концепцiя демонструє новi, ефективнiшi способи збору енергiї в самих несприятливих погодних умовах. [3]

Перелiк посилань:

1. <http://www.myenergy.ru/popular/technology/novost/full/vetroehlektrostantsija-bez-lopastei-tikho-i-krasivo/>
2. <http://www.myenergy.ru/popular/technology/novost/full/enel-green-power-otkryla-pervoe-v-italii-khranilishche-vozbnovlja/>
3. <https://ecotechnica.com.ua/energy/3226-solnechnye-paneli-smogut-vyrabatyvat-energiyu-dazhe-v-dozhd-blagodarya-nanogeneratoram-teng.html>

УДК 621.5

Студент 2 курсу, гр. ТС-61-2 Коцюба О.А.
Асист. Шелешей Т.В.

ДОСВІД ПІВДЕННОЇ АФРИКИ В ГАЛУЗІ ПОНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

У світі відбуваються зміни у підходах до формування енергетичної політики держав: здійснюється перехід від застарілої моделі функціонування енергетичного сектору, в якому домінували великі виробники, викопне паливо, неефективні мережі, недосконала конкуренція на ринках природного газу, електроенергії, вугілля – до нової моделі, в якій створюється більш конкурентне середовище, вирівнюються можливості для розвитку й мінімізується домінування одного з видів виробництва енергії або джерел та/або шляхів постачання палива. Разом з цим віддається перевага підвищенню енергоефективності й використанню енергії із відновлюваних та альтернативних джерел. Впровадження заходів із запобігання та адаптації до зміни клімату також є одним із пріоритетів глобального розвитку енергетики.

Це ставить перед Україною нові економічні та технологічні виклики, але водночас відкриває нові можливості для пошуку та впровадження інноваційних розробок у галузі видобутку, переробки викопних видів палива, виробництва, трансформації, постачання і споживання енергії, що зумовлює потребу у формуванні нової енергетичної політики держави. [1] Можливості для проектів з використанням як відновлюваних джерел, так і технологій теплової енергетики, розширюються. Розглянемо досвід Південної Африки.

Південна Африка має високий енергетичний потенціал поновлюваної енергетики, на даний час встановлено мету використання 10 000 ГВт·ч енергії з поновлюваних джерел. Міністр енергетики визначив, що 3 725 МВт, вироблені з поновлюваних джерел енергії, необхідні для забезпечення безперервного безперебійного постачання електроенергії в країні. Розроблена програма закупівель від незалежних виробників (IPP) для сприяння соціально-економічному та екологічно сталому зростанню, а також стимулювання використання поновлюваних джерел у промисловості Південної Африки.

Для енергоємних користувачів, таких як великі гірничовидобувні промислові групи, використання поновлюваних джерел енергії також є привабливим у якості резервного джерела живлення, що пояснюється тим, що вони періодично скидають навантаження і мають перервний характер споживання електроенергії в роботі. Зростає інтерес серед іноземних інвесторів до енергетичного сектору Африки. А у грудні 2015 р. президент Франції Олланд заявив, що його уряд подвоїть інвестиції в поновлювані джерела енергії від вітрових електростанцій до сонячних і гідроенергетичних проектів, до 2 млрд євро в період 2016–2020 рр. Президент Китаю Сі Цзіньпін під час Африкансько-Китайського саміту, який відбувся в Південній Африці пообіцяв 60 млрд дол. США для розвитку в Африці. Німеччина і Канада також зробили заяви щодо великих інвестицій у африканські енергетичні проекти. Південна Африка швидко стала світовим гравцем у галузі поновлюваних джерел енергії на шляху досягнення мети свого уряду - 30% чистої енергії до 2025 р. Галузь поновлюваних джерел енергії Південної Африки через програму закупівель електроенергії поновлюваних джерел від незалежних виробників (REIPP) залучила 192,6 млрд ренд. (12 млрд дол. США) інвестицій, з яких 28% – іноземні інвестиції.

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. Інформація від Всесвітньої енергетичної ради: Територія Суб-Сахари стає регіоном зростання інвестицій у енергетичні проекти // Новини енергетики. – 2016.– № 3.– С. 9–10.

ПЕРСПЕКТИВИ ДОСТАТНОСТІ ГЕНЕРУЮЧИХ ПОТУЖНОСТЕЙ В ЕНЕРГОБАЛАНСІ ОЕС УКРАЇНИ

Україна використовує для власних потреб різноманітні джерела енергії, такі як нафта, природний газ, вугілля, атомна і гідроенергія, енергія вітру і сонця тощо. Традиційно найбільш затребуваними в Україні наразі є викопні ресурси: природний газ і вугілля, які сумарно становлять понад 60% вітчизняного енергетичного балансу. Водночас в останні роки внаслідок змін цінової кон'юнктури, технологій та світових трендів, частка інших видів енергії у споживанні поступово зростає. До того ж сьогодні є підстави очікувати їх подальшого зростання з відповідним зменшенням частки викопного палива в енергетичному балансі країни. У 2015 році, за даними Державної служби статистики України, структура ЗППЕ характеризувалася високою часткою природного газу 28,9%, (26,1 млн т н.е.). Частка атомної енергетики становила 25,5% (23,0 млн т н.е.); вугілля - 30,4% (27,3 млн т н.е.); сирової нафти та нафтопродуктів - 11,6% (10,5 млн т н.е.); біомаси (біомаса, паливо та відходи) - 2,3% (2,1 млн т н.е.); ГЕС - 0,5% (0,5 млн т н.е.); термальній енергії (термальна енергія доквілля та скидні ресурси техногенного походження) - 0,5% (0,5 млн т н.е.) та ВЕС і СЕС разом - 0,1% (0,1 млн т н.е.). Сумарна частка всіх ВДЕ становила 3,6 млн т н.е., або лише 4%.

Прогнозується, що до 2025 року Україна матиме надлишок генеруючих потужностей, а після 2025 року – зіштовхнеться з необхідністю оновлення. З точки зору можливостей реконструкції ТЕС, враховуючи екологічні вимоги та подовження терміну експлуатації АЕС, ці види електрогенерації у найближчий термін будуть залишатися достатньо ефективними. Для забезпечення попиту до 2025 року достатньо було б подовжити термін експлуатації 6 ГВт АЕС та 9 ГВт ТЕС. Водночас, окрім задоволення попиту у коротко- та середньостроковому періоді, вже стратегічним завданням наступних десяти років є підготовка енергетичної системи України до масштабного оновлення потужностей після 2025 року. Передбачається стале розширення використання всіх видів відновлюваної енергетики, яка стане одним з інструментів гарантування енергетичної безпеки держави. У коротко- та середньостроковому горизонті (до 2025 року) ЕСУ прогнозує зростання частки відновлюваної енергетики до рівня 12% від ЗППЕ та не менше 25% – до 2035 року. Має стимулюватися розвиток децентралізованої відновлюваної енергетики (наприклад, фотоелектричні системи та сонячні колектори на дахах житлових будинків тощо), потенціал якої оцінюється у ~5% споживання електроенергії населенням. Зростатиме частка сектору електроенергетичної галузі, який використовує тверду біомасу та біогаз як енергоресурс, що зумовлюватиметься як відносною сталістю виробництва (за наявності ресурсної бази), так і тенденцією до формування локальних генеруючих потужностей. Перевага віддаватиметься одночасному виробництву теплової та електричної енергії в когенераційних установках і заміщенню вуглеводневих видів палива. Гідроенергетика відіграє важливу роль у стійкості ОЕС України, оскільки забезпечує енергетичну систему високоманевровими потужностями в регулюванні добових графіків навантаження з покриттям пікової частини та заповненням нічних провалів, а також виконує функцію аварійного резерву потужності. До 2025 року необхідно завершити реконструкцію існуючих потужностей ГЕС та будівництво нових агрегатів ГЕС та ГАЕС, що дозволить зберегти у структурі генерації найбільш економічні та маневрові з них, а також збільшити їх потужність. Запорукою виконання наведених вище завдань ЕСУ є успішна реалізація соціально-економічних реформ і підвищення якості державного управління.

ОБЛАСТЬ ЭФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ВІДЦЕНТРОВОЇ ФОРСУНКИ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ

Проблема енергозбереження та ефективного використання енергоресурсів є найбільш актуальною для сучасного розвитку енергетики України. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є розробка комплексу заходів із використання вторинних енергоресурсів.

Для утилізації теплоти відхідних газів котельних, газотурбінних установок застосовуються контактні апарати. Контактні апарати бувають різних типів. Проте особливий інтерес представляють газокрапельні контактні апарати, де процеси теплообміну відбуваються на поверхні багаточисленних крапель розпиленої рідини.

Умовою ефективною роботи таких апаратів є забезпечення їх роботи в параметричній області без режиму випаровування крапель розпиленої рідини. Як розпилювач для контактного апарату газокрапельного типу була обрана стандартна відцентрової механічна форсунка [1]. Область ефективного використання даної форсунки при різних надлишкових тисках представлена на рис.1 [2].

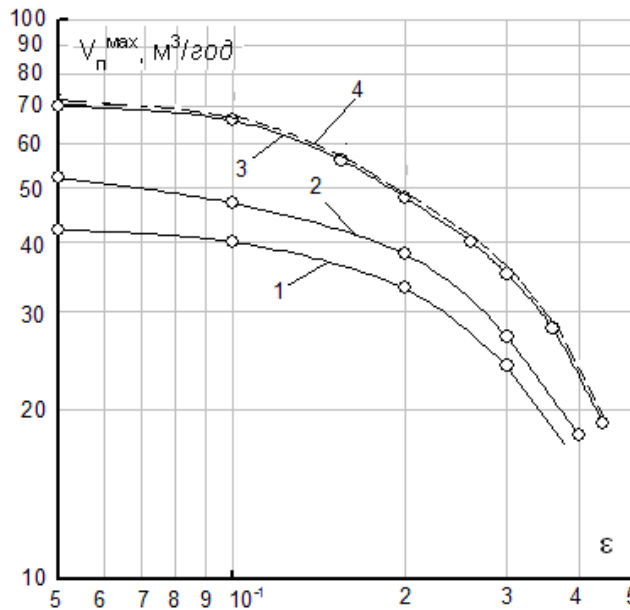


Рисунок 1 – Залежність максимальної об'ємної витрати сухого повітря від об'ємної доли водяної пари при надлишковому тиску води перед форсункою:

$$1 - P=0,2 \text{ МПа}; 2 - 0,4 \text{ МПа}; 3 - 0,6 \text{ МПа}; 4 - \text{розрахунок за формулою } G_2^{\max} = \frac{G_6 c_6 (t_{cp} - t_1)}{(h_{ex} - h_{вих})}$$

Результати досліджень авторів рис. 1 [2] дозволили визначити границі ефективного використання механічної відцентрової форсунки для утилізації теплоти.

Перелік посилань:

1. Галустов В.С. Прямоточные распылительные аппараты в теплоэнергетике [Текст] / В.С. Галустов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 240 с.

2. Безродный М. К. Параметрические границы эффективного использования центробежной водяной форсунки в контактных утилизаторах теплоты отходящих газов [Текст] / М. К. Безродный, А. Ю. Рачинский, Н. Н. Голянд, П. А. Барабаш // Инженерно-Физический журнал, 2016. – Т.89. – №4. С. 868-875.

УДК 621.4

Студент 2 курсу, гр. ТС-61-2 Литвин Д.В.
Асист. Шелешей Т.В.

КОНЦЕПЦІЯ П'ЄЗОЕЛЕКТРИКИ, ЯК ТЕХНОЛОГІЇ МАЙБУТНЬОГО У ПОВСЯКДЕННОМУ ЖИТТІ ЛЮДИНИ

П'єзоелектрика була відкрита в кінці 19 століття і стала широко застосовуватися в електроніці та радіотехніці.

В декількох дослідницьких центрах світу з'явилася ідея обладнати кожен турнікет на залізничних станціях та метро генераторами електроенергії, при цьому потік пасажирів, що проходять через них, самі того не усвідомлюючи, слугують в якості джерела енергії. В підлогу під турнікетами вмонтовуються п'єзоелементи, які виробляють електрику від тиску і вібрації, коли люди наступають на них. П'єзоелементи – кристали, що мають властивість при стисненні генерувати електричний заряд. Вони мають два шляхи перетворення енергії: п'єзогенератори (механічна енергія перетворюється в електричну), п'єзодвигуни – електрична переходить в механічну.

Принцип роботи заснований на фізичному явищі, що називається п'єзоелектричним ефектом. Цей ефект відбиває властивості п'єзоелемента він має несиметричну кристалічну решітку, при її деформації під дією тиску відбувається зміщення атомів. Це зміщення атомів і породжує електричне поле, внаслідок чого на електродах виникає різниця потенціалів. Найбільшим недоліком є те, що п'єзоелемент зберігає заряди до тих пір, поки на нього впливає навантаження на відміну від конденсаторів, які тривалий час зберігають заряди. Як тільки механічна дія припиняється, збережені заряди зникають. Тому п'єзоелементи виробляють струм маленької сили, а сам елемент має великий внутрішній опір. Важливою характеристикою для оцінки ефективності генерації електрики є п'єзоелектричний модуль. Величина цього модуля варіюється від (200–500) пкКл/Н. Значення модуля повністю залежить від властивостей п'єзоматеріалу і не залежить від габаритів п'єзоелемента. Тому збільшення його розмірів не призведе до більш ефективної роботи.

Враховуючи малу тривалість розряду, п'єзогенератори підходять для малої енергетики. Це може бути дрібна побутова техніка, системи відеоспостереження, діагностична техніка та мобільні телефони. Але ізраїльські розробники змогли виробляти п'єзоелектрику в значних масштабах. Наприклад, у цей час на дослідній ділянці біля станції Лод, компанія Innowattech установлює рейки із вмонтованими в них п'єзогенераторами. За твердженням розроблювачів, проходження по цій ділянці в годину 10–20 поїздів з десятьма вагонами кожний, дозволить повністю забезпечити електрикою 150 житлових будинків.

Переваги цієї системи, у порівнянні з іншими розробками в області видобутку екологічно чистої енергії в тому, що вона не потребує виділення додаткової території, немає шкідливих впливів на навколишнє середовище, працює незалежно від погодних умов.

На жаль в Україні ця інновація не застосовується на практиці. Впровадження, яке розробляють в Ізраїлі, могло б зробити енергетично незалежними залізничні станції на яких вони будуть розташовані та прилеглі до них населені пункти, або навіть частини міст.

Перелік посилань:

1. П'єзоелектричні перетворювачі. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://opticstoday.com/pyezoelektrichni-peretvoryuvachi>.

2. Електричні датчики. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://refleader.ru/jgepolyfspolbew>.

Студент 4 курсу, гр. ТС-41 Литвиненко М.О.
Доц., к.т.н. Побіровський Ю.М.

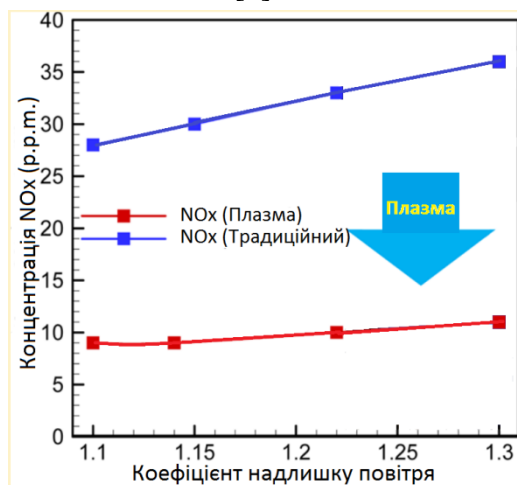
ТЕХНОЛОГІЯ СПАЛЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАЗМИ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ NO_x В ПРОМИСЛОВИХ ПАЛЬНИКАХ

Останнім часом стали більш жорсткі норми щодо викидів оксиду азоту (NO_x) в атмосферу, що сприяло створенню різноманітних технологій для скорочення їх викидів. Плазма – стан речовини, у якому її атоми іонізовані, тобто електрони відірвані від ядер. Плазма зазвичай використовується для посилення або каталізування хімічної реакції.

Дана технологія дає можливість знизити викиди NO_x при спалюванні природного газу в промислових пальниках без використання димових газів рециркуляції або інших механізмів скорочення викидів NO_x [1].

Вважається, що підвищення максимальної температури в зоні горіння понад 1500 °С призводить до неприпустимо високих викидів NO_x, і одним з основних способів зниження викидів по тепловому механізму є недопущення утворення зон з високою температурою у фронті полум'я [2].

Перша частина (ступінь) камери згорання включається в промисловий традиційний пальник, яка працює як перетворювач і забезпечує функцію часткового окислення палива з отриманням збагаченого воднем реформінгу або продукту синтез-газу. Потім результуючий (отриманий) багатий на водень потік запалюється і стабілізує полум'я окремо від форсунки пальника. В кінцевому рахунку, покращене змішування і видалення гарячих зон з розширеною площею факела виступає в якості основного механізму зменшення NO_x [2].



Було виявлено, що в пальнику з плазмовою частиною викиди NO_x зменшуються з підвищенням потужності або теплового навантаження в пальнику, а в традиційному пальнику при збільшенні теплового навантаження викиди NO_x збільшуються.

На рис. 1 показано порівняння генерації NO_x у традиційному та плазмовому пальнику при аналогічних умовах (при однаковій концентрації CO) [2].

Рисунок 1 – Залежність концентрації NO_x від коефіцієнту надлишку повітря в пальниках

Висновки: Технологію спалювання з використанням плазми в пальниках, які спалюють

природний (або штучний) газ з метою зниження викидів NO_x в димових газах можна активно використовувати для покращення екологічного стану ТЕС.

Перелік посилань:

- [Power engineering international (міжнародна енергетика)]-
<http://www.powerengineeringint.com/articles/print/volume-24/issue-3/features/nox-reduction-latest-trends-and-thinking.html>
- Skalska, K.; Miller, J. S.; Ledakowicz, S. Trends in NO_x abatement: A review. Sci. Total Environ. 2010, 408 (19), 3976–3989.

УДК 621.4

Студент 2 курсу, гр. ТС-61-2 Мазур В.П.

Асист. Шелешей Т.В.

ЯДЕРНИЙ РЕАКТОР МАЙБУТНЬОГО

Демонстрація керованої реакції синтезу з термоядерною потужністю кілька сотень мегават і відпрацюванням технології її практичного використання. Для реалізації цього завдання 34 країни, які представляють понад половину населення світу, вирішили об'єднати свої наукові, технічні та фінансові зусилля для спільної розробки технічного проекту експериментального термоядерного реактора, який отримав назву ITER (ITER – International Thermonuclear Experimental Reactor). Ця ідея була висунута і активно підтримана президентами М. Горбачовим, Р. Рейганом і Ф. Міттераном. В 1992 році було підписано Міжнародну угоду про розробку технічного проекту реактора ITER і міжнародна команда фахівців приступила до роботи.

Мета міжнародного проекту – виробляти енергію за допомогою того самого процесу, який відбувається на сонці, продемонструвати ядерний реактор, здатний виробляти в необмеженій кількості дешево, чисто та безпечно електроенергію завдяки термоядерному синтезу.

Схема реактора ITER в основному повторює класичний російський токамак, “народжений” ще у 60-ті роки ХХ століття. Істотними технічними відмінностями від перших токамаків є запровадження дивертора – пристроя для очищення плазми від “домішок”, та використання надпровідників для створення магнітних полів в реакторі.

Основними компонентами токамака є надпровідні тороїдальні і полоїдальні котушки, які створюють конфігурацію магнітного поля, необхідну для утримання плазми і управління її положенням і формою всередині тороїдальної вакуумної камери. [1]

Для того, щоб відбувся синтез, плазму, яка містить легкі атоми (як от гідроген) слід розігріти під високим тиском до такої самої високої температури, яка існує в центрі сонця (майже 150 млн °С). Для досягнення необхідної температури слід створити сильні магнітні поля. Термоядерна реакція відбувається між двома ізотопами водню: дейтерію і тритію.

Найважливіша перевага енергії, що виробляється ядерним синтезом – це водневе паливо. Водень, як відомо, дуже поширений у природі: він є і в морі, і в озерах. Ще одна перевага пов'язана з утилізацією відходів: існує кілька радіоактивних сміттєзвалищ, проте період їхньої активності – кілька століть – доволі короткий у порівнянні з мільйонами років, як це відбувається у випадку ядерного поділу. Крім того, у разі проблем ядерну реакцію легко можна зупинити, чого не можна сказати про ядерний поділ, де, навіть у разі зупинки процесу, багато тон небезпечного ядерного палива і надалі вивільняє енергію.

Тритій, який використовується внаслідок випадкового вивільнення поширюється миттєво. Втім, значної небезпеки для населення це не становить. Та, щоб запобігти розповсюдженню газу інженери розробили спеціальні труби для всмоктування тритію в разі аварійного викиду. Ще одна проблема проекту – його вартість – 16 млрд євро. Але кількість енергії, яка вироблятиметься протягом довгого періоду, буде просто вражаючою, і цілком виправдає початкові капіталовкладення. [2]

Першу плазму на міжнародному експериментальному термоядерному реакторі вдасться отримати вже у грудні 2025 р. Цей проект здатний буде розв'язати глобальну проблему, пов'язану з виробництвом енергії на планеті.

Перелік посилань:

1. Кучай С.А. Будущее ИТЭР. Вопросы термоядерной науки и техники. Серия: термоядерный синтез. 2002. Вып. С. 12-17.2
2. Euronews. HI-TECH [Electronic resource] - Mode of access: WWW.URL: <http://ua.euronews.com/2015/04/28/recreating-the-sun-s-process-is-iter-the-energy-of-the-future>.

Магістрант 5 курсу, гр. ТС-71мп Мазурчук С.А.
Доц., к.т.н. Побіровський Ю.М.

ПЕРЕВЕДЕННЯ ТЕПЛОФІКАЦІЙНИХ ТУРБІН В РЕЖИМ РОБОТИ З ТРИСТУПІНЧАТИМ ПІДГРІВОМ МЕРЕЖЕВОЇ ВОДИ

Для використання застарілих теплофікаційних турбін потужністю 50–100 МВт на ТЕЦ потрібна їх реконструкція і модернізація для продовження терміну служби і підвищення економічності. Зі зменшенням, останнім часом, максимуму електричних навантажень постає питання про зниження конденсаційної потужності ТЕЦ, і ставиться завдання економії палива в умовах зростання його ціни. Пропонуються різні способи підвищення ефективності роботи теплофікаційних турбін високого тиску, одним з яких є використання конденсатора турбіни для нагріву мережної води. У конденсаторів таких турбін є вбудований теплофікаційний пучок, який дозволяє нагрівати невелику кількість мережної води, в той же час, пропонується використовувати весь конденсатор, як ще один ступінь нагріву. Це дозволить в опалювальний період турбіну з двоступінчастим підгрівом мережної води переводити в режим трьохступінчатого, тобто теплофікаційна турбіна переходить в режим протитиску. Це буде забезпечувати все вироблення електроенергії на тепловому споживанні, при цьому маючи найнижчу собівартість. [1, 2]

Принципова схема включення трьохступінчатого підгріву мережної води у турбіни типу Т полягає в перемиканні режимів роботи конденсатора. Він може працювати в двох режимах: 1 – звичайному як конденсатор (2-х ступінчаста схема підгріву, в роботі два підігрівача); 2 – як ступінь підгріву мережної води (3-х ступінчаста схема підгріву, перемикання конденсатора з циркуляційних водоводів на зворотну магістраль теплової мережі).

Як показують дослідження при теплофікаційному режимі протитиску останній ступінь турбіни необхідно видаляти, так як при збільшеному (нерозрахованому) тиску пари в ступені, вона почне споживати потужність, що призводить до істотного зниження к.к.д. ЧНТ. При цьому треба враховувати конструктивні особливості турбіни і графік електричних навантажень (робота в конденсаційному режимі). Теплофікаційні турбіни потужністю 50–100 МВт при видаленні останнього ступеня можуть працювати з позитивним к.к.д. ЧНТ, при нагріванні мережної води в конденсаторі на 3–4 °С (при температурі зворотної мережної води 50–60 °С). При знижених температурах зворотної мережної води нагрів буде більший. Так як конденсатор працює при нерозрахованих тисках, можливо, буде потрібна реконструкція його водяних камер. У режимі теплофікаційного протитиску (роботи при трьохступінчатому підгріві мережної води) видалення останнього ступеня ЧНТ дозволяє збільшити її потужність на 1–3 МВт (в порівнянні з «без видалення»). [1]

Висновки: Організація трьохступінчатого підгріву мережної води на теплофікаційних турбінах 50–100 МВт (переведення турбіни в режим теплофікаційного протитиску) дозволяє повністю використовувати теплоту відпрацьованої пари, і забезпечити вироблення електроенергії на тепловому потоці (в опалювальний період). Це можна розглядати як ефективний спосіб підвищення економічності турбін типу Т з мінімальними витратами на реконструкцію.

Перелік посилань:

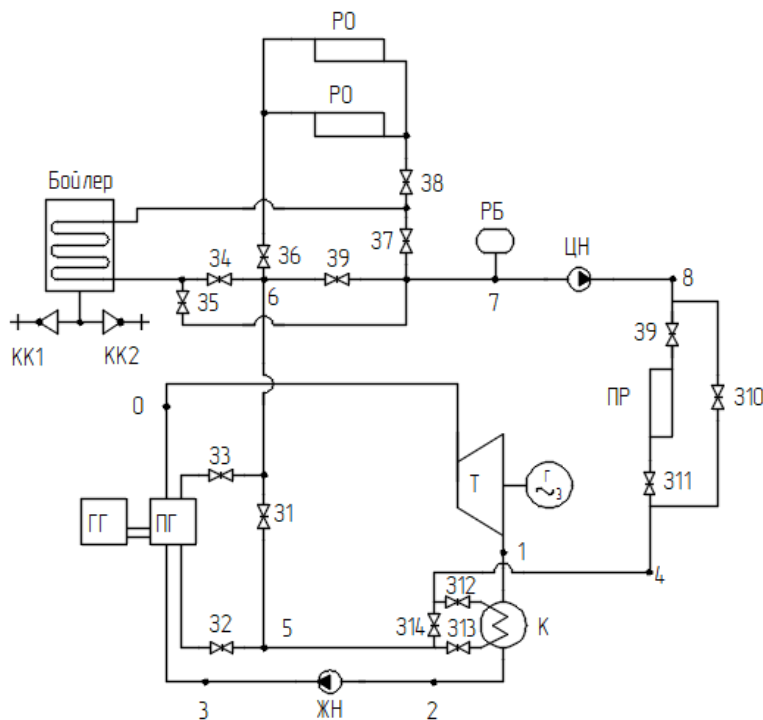
1. Яковлев Б.В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения. М.: Новости теплоснабжения, 2008. – 448 с.
2. Шарапов В.И. Повышение эффективности систем регенерации турбин ТЭЦ / Шарапов В.И., Замалеев М.М.; Ульянов. гос. техн. ун-т.– Ульяновск: УлГТУ, 2009.– 289 с

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ МІКРОЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Метою даної роботи була розробка власного мобільного мікроенергетичного комплексу на базі існуючих зразків [1]. Вони є мобільними та маневреними і здатні забезпечити потужністю від декількох ват до сотні кіловат. Використовуючи мікроенергетичні комплекси, можна стати незалежним від централізованих мереж енергопостачання, надійність яких залишається незадовільною.

На даний момент існує необхідність в мобільних енергетичних установках, які здатні одночасно забезпечити електричною та тепловою енергією. Сфера їх застосування є досить широкою. Вони можуть застосовуватися у військових цілях, а саме для обігріву, забезпечення електроенергією та гарячою водою польових госпіталів, командних пунктів, армійських палаток та пунктів обігріву, а також в цивільному секторі. Мікроенергетичний комплекс може бути чудовою альтернативою для районів, які не забезпечені даними видами енергії.

Установка МЕК повинна бути не вибагливою до палива, оскільки в польових умовах досить важко знайти необхідну сировину. Доцільно використати газогенератор,



який зможе працювати на різноманітному паливі (дрова, щепи тощо). Утворений синтезгаз буде спалюватися в парогенераторі.

Для забезпечення гарячого водопостачання необхідно встановити бойлер. Розроблена теплова схема МЕК наведена на рис.1.

Установка, що виконана по даній тепловій схемі, здатна одночасно забезпечувати електроенергією, гарячою водою та теплоносієм для опалення, але при необхідності може покрити тільки теплове навантаження, що робить її універсальною.

Рисунок 1 – Теплова схема

ГГ – газогенератор; ПГ – парогенератор; Т – турбіна;
Г – електрогенератор; К – конденсатор; ЖН – живильний насос; РО – радіатор опалення; ЦН – циркуляційний насос;
ПР – повітряний радіатор; 31..314 – засувки; КП – клапан повітряний; КК1, КК2 – крани кінцеві;
РБ – розширювальний бачок

Перелік посилань:

1. Микроэнергетический комплекс на базе влажно-паровой микротурбины // Донские технологии URL: <http://don-tech.ru/proizvodstvo/mikroenergeticheskij-kompleks-na-baze-vlazhno-parovoj-mikroturbiny/>

УДК 621.4

Студент 2 курсу, гр. ТС-61-2 Мельник А.І.
Асист. Шелешей Т.В.

ТЕРМОЯДЕРНИЙ РЕАКТОР-СТЕЛЛАРАТОР - МАЙБУТНЄ СВІТОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

В час активного технічного прогресу перед людством постала глобальна проблема захисту навколишнього середовища. Темпи виробництва постійно ростуть, а це тягне за собою збільшення шкідливих викидів автомобілями вихлопних газів, до цього слід додати продукти згоряння палива на теплових електростанціях, захоплення величезних територій під ГЕС, ВЕС, СЕС. Також небезпечною є і робота АЕС термін експлуатації яких уже давно вийшов. Але в цієї проблеми є інша сторона медалі: все це нині є невичерпними джерелами енергії. Тому перед вченими постало нелегке завдання розробки нових альтернативних джерел енергії. Німецькі вчені з легкістю виконали поставлене їм завдання.

Науковий прорив здійснив маловідомий Інститут фізики плазми Макса Планка, що розташований у німецькому Грайфсвальді завдяки чому вже завершили будівництво експериментального термоядерного реактора-стелларатора Wendelstein 7-X. Вони отримали повністю контрольований термоядерний синтез. Від ядерної реакції розпаду, яка використовується сьогодні на атомних електростанціях, він відрізняється тим, що не залишає після себе радіоактивних відходів, а отже йдеться про цілком безпечну, чисту енергію.

За допомогою мікрохвильового імпульсу потужністю 1,8 кіловат фізики нагріли один міліграм газоподібного гелію до температури приблизно один мільйон градусів Цельсія, після чого втримали отриману плазму в рівновазі протягом 0,1 секунди. Вибір гелію для початку запуску обумовлений його відносною порівняно з воднем легкістю переведення в стан плазми. На кінець січня 2016 року (друга фаза) були намічені випробування з водневою плазмою. Після успішного завершення другого етапу експериментів вчені отримали першу водневу плазму, що існувала протягом чверті секунди і досягла температури в 80 мільйонів градусів. Подальша оптимізація роботи установки та її конструкції повинна дозволити вченим до 2020-го року утримувати плазму протягом 30-ти хвилин. Подібний експеримент дозволить оцінити можливість, а також рентабельність вироблення енергії за допомогою керованої термоядерної реакції в стеллараторах. Одні з найкращих результатів у цьому напрямку досягнуті на LHD, де (не одночасно) вдалося домогтися $\beta=4,5\%$ з часом утримання плазми близько години.

Таких розробок є три і одна з них як не дивно розташована в Україні, в Харкові. Іван Васильович Курчатов був засновником унікальної установки - стелларатора "Україна" – оригінальної магнітної системи для утримання високотемпературної плазми. Стелларатор в тому вигляді, як його задумував Курчатов, побудувати так і не вдалося. Але все ж у 1967 році була створена унікальна установка "Ураган", результати роботи якої по утриманню гарячої плазми вразили весь науковий світ.

Таким чином, це ноу-хау дозволить не лише вирішити енергетичні проблеми, але й дозволить покращити екологічну ситуацію. І хоч зараз ще немає значних успіхів у цьому напрямі проте такий спосіб отримання термоядерної енергії може перетворитися на основний стабілізуючий фактор енергетичної системи не лише України, але й цілого світу. Проте, виходячи з масштабу проблеми, варто також дослідити багато різних шляхів вирішення. Це також означає, що варто розробити нові підходи.

Перелік посилань:

1. Мегаконструкции. Немецкий стелларатор Wendelstein 7-X [https \[Електронний ресурс\].-](https://geektimes.ru/post/283600)
Режим доступу: [//geektimes.ru/post/283600](https://geektimes.ru/post/283600)

ВПЛИВ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ТЕРМІЧНИЙ ТА ТЕРМОНАПРУЖЕНИЙ СТАН ЦИЛІНДРИЧНОЇ ТРУБИ

В енергетиці України експлуатується значна кількість енергетичних та промислових котлів різної потужності, що відпрацювали свій термін експлуатації і мають суттєву ступінь морального та фізичного зносу. В той же час режимні параметри та умови експлуатації не дозволяють зменшувати навантаження на таке обладнання. Досвід роботи таких установок показав, що однією з проблем подальшого функціонування є наявність істотної невідповідності між реальним та розрахунковим розподіленням теплових потоків в топковому просторі. Це призводить до термічних перекосів в елементах обладнання, виникнення напружень і зрештою до їх аварії. Одним з найбільш термонапружених елементів котельного обладнання є трубний пучок, в якому відбуваються процеси підігріву води до температури кипіння, випаровування, а також отримання первинної та вторинної перегрітої пари. Наприклад, для котлів ДКВР-20-13 більше 80 % аварійних зупинок котлів пов'язані з перегрівом екранних труб. Найважливішою причиною таких перегрівів вважаються високі локальні теплові потоки від факелу [1, 2]. На сьогодні вітчизняна економіка не дозволяє виконувати в значних обсягах заміну старого обладнання, тому необхідним є проведення аналізу стану найбільш напружених елементів, розрахунок можливості подальшої роботи, а також розробка заходів щодо продовження їх експлуатації.

Для визначення впливу рівня температури та локальної нерівномірності температури газів на аеродинаміку, тепловий та термонапружений стан були проведені відповідні комп'ютерні розрахунки з використанням програмного комплексу ANSYS Fluent. В якості розрахункової моделі були виконані розрахунки поперечного обтікання потоком газів одиночної циліндричної труби із сталі 12X1M1Ф діаметром 32×6 мм. В середині води протікає вода з такими параметрами: температура – $t_b=20\div 273$ °С, тиск $p_b=0,1\div 23,5$ МПа, швидкість $W_b=0,1\div 1,0$ м/с. Труба обтікається газовим потоком з такими параметрами: $t_g=600\div 1200$ °С, тиск $p_g=0,1$ МПа, швидкість $W_g=5,0\div 30,0$ м/с.

Розраховувалась аеродинамічна картина обтікання труби, зміна температури в граничному шарі, температура на поверхні та по товщині труби, значення локальних коефіцієнтів теплоотдачі і напружень в коловому напрямку. Встановлено, що максимальне значення коефіцієнту теплоотдачі і термічних напружень спостерігається в лобовій точці патрубку. За отриманими даними розрахунків з'являється можливість виконати розрахунки статичного пошкодження трубопроводу [3].

Перелік посилань:

1. Попов А.Б. Основные причины повреждения высокотемпературных поверхностей нагрева энергетических котлов / А.Б. Попов // Теплоэнергетика, 2011. - № 2. С. 13–19.
2. Головин В.Н. Температурные поля в топочных камерах мощных паровых котлов / В.Н. Головин, Л.М. Сорокопуд, О.А. Резник // Теплоэнергетика, 1988. - № 3. С. 48–50.
3. Черноусенко О.Ю. Оцінка залишкового ресурсу високотемпературних елементів енергетичного та промислового обладнання / О.Ю. Черноусенко, Л.С. Бутовський, Д.В. Риндюк, О.О. Грановська, О.С. Мороз // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2017. - № 1/8 (85). – С. 20–26.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПАЛИВНИХ УСТАНОВОК ЕЛЕКТРОАКТИВАЦІЄЮ МОЛЕКУЛ-РЕАГЕНТІВ РЕАКЦІЇ ГОРІННЯ

Розвиток технологій спалювання спрямований на підвищення енергоефективності паливних установок та зменшення забруднення навколишнього середовища. Основну кількість теплової енергії (75% і більше) отримують при спалюванні традиційних енергоносіїв. Підвищення ефективності спалювання збільшує строки використання викопних вуглеводних носіїв [1].

Однією з технологій для підвищення енергоефективності є електроактивація молекул-реагентів реакції горіння. Експеримент проводився в два етапи.

На першому етапі нагрівалася вода ємністю 1 л від 20° до 40° при спалюванні пропану в повітрі. Під час експерименту паливо та окисник піддавалися впливу

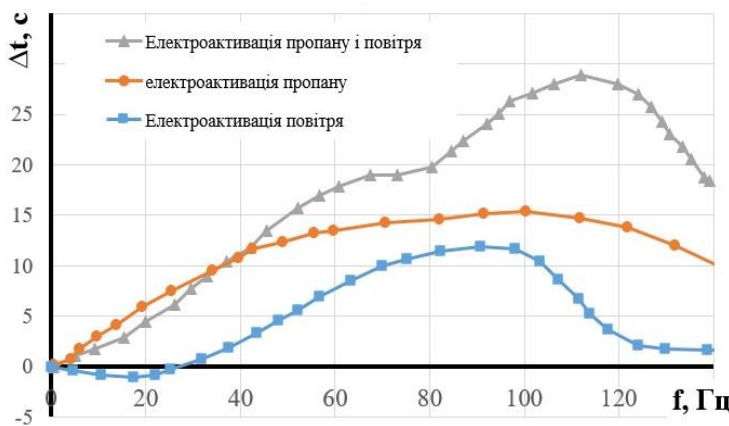


Рисунок 1 – Залежність зменшення часу нагрівання води від частоти імпульсів при електроактивації

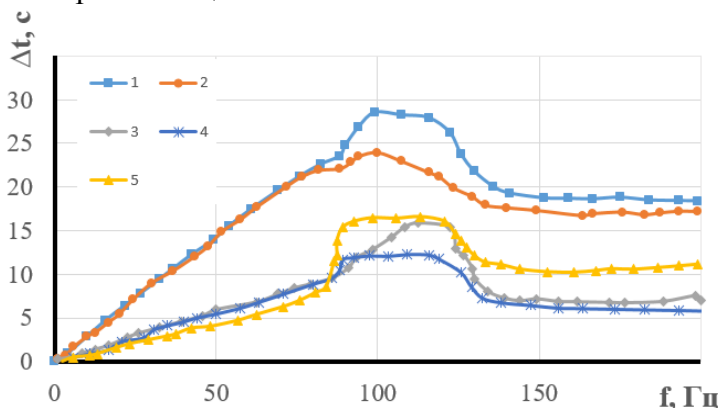


Рисунок 2 – Залежність зменшення часу нагрівання води від частоти імпульсів

частоті активуючої імпульсної напруги 100–120 Гц [2].

Перелік посилань:

1. [Сжигание традиционных энергоносителей] - <https://www.gov.uk/government/publications>
2. Ковалишин Б.М. Підвищення енергоефективності паливних установок через активацію молекул-реагентів реакції горіння // Наукові вісті Національного технічного університету України, 2011.– 136–139 с.

високовольтного пульсуючого нерівномірного електричного поля ВПНЕП). В роботі досліджено вплив поля окремо на повітря та пропан-іутанову суміш та одночасно на обидва компонента процесу горіння. Різниця в часі нагрівання води без впливу ВПНЕП та з його застосуванням приведена на рис. 1.

На другому етапі досліджувався вплив ВПНЕП на молекули-реагенти реакції горіння. На прикладі нагріву 0,7 л води від температури 20° до 40°. Різницю в часі представлено на рис. 2.

- 1) У каналі повітря подається переважно імпульсна негативна напруга, а на електродну систему з пропаном переважно позитивна напруга (- на повітря, + на пропан);
- 2) + на повітря, + на пропан;
- 3) + на повітря, - на пропан;
- 4) - на повітря, - на пропан;
- 5) + на повітря.

Найкращий результат (зменшення часу нагріву води на 19–22%) зафіксований при електроактивації повітря негативною напругою, а пропану позитивною при

ДОСЛІДЖЕННЯ СКОРОЧЕННЯ ВИКИДІВ NO_x ПРИ СПАЛЮВАННІ ПРОПАНУ

Викиди NO_x вважаються однією з основних причин утворення фотохімічного смогу. З'єднуючись з парами води в атмосфері, вони утворюють азотну кислоту і разом з оксидами сірки є причиною утворення кислотних дощів. Підвищені концентрації NO_x шкідливо впливають на здоров'я людини, тому в різних країнах прийняті нормативи, що обмежують максимально допустимі концентрації NO_x у відхідних газах котлів електростанцій, газотурбінних установок, автомобілів, літаків та ін. Удосконалення технологій горіння в значній мірі спрямовано на скорочення викидів NO_x при одночасному підвищенні енергоефективності пристроїв. Рециркуляція продуктів згорання тобто спалювання палива з додаванням відхідних газів є перспективним шляхом зменшення концентрації оксидів азоту. Для дослідження впливу продуктів спалювання пропану була використана дослідна експериментальна установка потужністю 15 кВт [1].

Після доведення суміші основного палива та продуктів згорання до стехіометричного стану та отримання стійкого горіння, проби для аналізу на NO_x бралися на висоті 1,2 м від пальника. Надлишкова паливна фракція вводиться на висоті 0–0,7 м зі швидкістю 3,5–12,5 м/с. Швидкість подачі основного палива 12–13 м/с.

Максимальне зниження NO_x (на 50%) спостерігається при введенні фракції на висоті 0,3–0,5 м. Основні результати дослідження наведені на рис. 1.

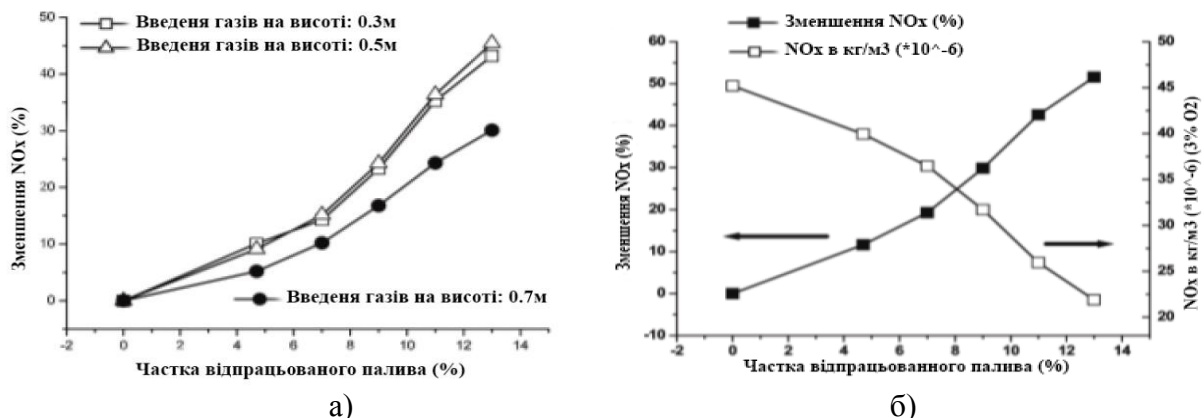


Рисунок 1 – Залежність зменшення NO_x від частки відпрацьованого палива

Схожі результати були отримані на пальниках струменево-нішевого типу при спалюванні природного газу. На водогрійному котлі КВ-Г-6,5 в період 2015–16 рр. була організована рециркуляція димових газів, де також було досягнуто двократне зменшення концентрації оксидів азоту при помірному зростанні хімічного недопалу [3].

Перелік посилань:

1. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council. Access to European Union law, 2010.– 119 p.
2. Nak Young Kim,– Investigation of NO_x Reduction in Fuel-Lean Reburning System with Propane/ Nak Young Kim, Seung Wook Baek // Energy Fuels, 2011, 25 (3), С. 905–915
3. Абдулін, М. З. Вплив технологічних засобів зниження емісії NO_x вогнетехнічними об'єктами модернізованими на основі СНТ [Текст] / М. З. Абдулін, О. А. Сірий, Г. Р. Дворцин, О. В. Доманський, О. М. Абдулін // «Вугільна теплоенергетика: шляхи реконструкції та розвитку» Збірник наукових праць – тези доповідей 13-ї Міжнародної науково-практичної конференції, Київ, 19-21 вересня 2017.– С. 96-98

СУЧАСНІ ВИДИ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Останні тенденції розвитку великої і малої енергетики пов'язані з впровадженням інтелектуальних активно-адаптивних мереж нового покоління, збільшенням в загальному енергобалансі частки відновлюваних джерел енергії. Прагнення до підвищення надійності енергоспоживання висуває нові вимоги до систем аварійного, резервного та безперебійного живлення як на об'єктах енергетики, так і в споживачів.

Згадані вище тенденції істотно збільшують роль накопичувачів електричної енергії, при цьому, в кожній із областей їх використання до них пред'являються свої вимоги. В той самий час спостерігається бурхливий розвиток самих накопичувачів. До звичних гідроакumuлюючих станцій, акумулюючих систем на стисненому повітрі, маховикам, свинцево-кислотним і нікель-кадмієвим акумуляторам додаються швидко прогресуючі в своєму розвитку водневі і літій-іонні акумулюючі системи, проточні батареї, суперконденсатори. Варто відмітити сучасні літій-іонні акумулятори які виробляються компанією «Tesla» Ілона Маска, котрі зарекомендували себе в фундаментально нових стандартах використання енергії з ціллю економії енергоресурсів і збереження екологічного середовища нашої планети. Ці акумулятори відзначились високою ефективністю у Австралії, де, під час збою вугільної ТЕЦ Loy Yang, акумулятори компенсували простій електростанції вже через 140 мілісекунд, що, як зазначила австралійська влада, є рекордною швидкістю реагування.

Аналіз ситуації у вітчизняній і світовій енергетиці свідчить про розширення використання накопичувачів електричної енергії і енергетичних установок майбутнього. За допомогою існуючих на сьогоднішній день електрохімічних акумуляторів, а також гідроакumuлюючих станцій можливо вирішувати задачі регулювання частоти в великих мережах, згладжування піків і провалів вироблення і споживання електроенергії. Остання функція стає особливо актуальною у зв'язку з розвитком інтелектуальних мереж. Розширення масштабів використання автономних енергетичних установок і посилення екологічних потреб відкривають нові ніші для ефективного застосування буферних накопичувачів у складі дизель-генераторних установок і гібридних енергокомплексів, які додатково використовують відновлювані джерела енергії. Це дозволить зменшити споживання дорогого рідкого палива і знизити викиди шкідливих речовин.

В даній тезі розглянута спроба аналізу різного типу накопичувачів електричної енергії і визначення перспективних шляхів їх практичного застосування в сучасній великій і малій енергетиці з урахуванням досягнутих і очікуваних енергетичних і техніко-економічних показників.

Перелік посилань:

1. Попель О.С., Фрид С.Е., Шпильрайн Э.Э. Системы автономного энергоснабжения с использованием солнечной и/или ветровой энергии и водородных накопителей. Теплоэнергетика. 2006. №3.– С. 42–50.
2. Бут Д.А., Алиевский Б.Л., Мизюрин С.Р., Васюкевич П.В. Накопители энергии. Энергоатомиздат, 1991
3. <https://www.popmech.ru/technologies/news-403522-gigantskiy-akkumulyator-ilona-maski-vpervye-prigodilsya/>

ЕКОНОМІЧНІСТЬ ПАРОТУРБІНИХ УСТАНОВОК ПІСЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ КІНЦЕВИХ УЩІЛЬНЕНЬ

Паротурбінні установки (ПТУ) є основним генеруючим обладнанням енергетики. Це обумовлює актуальність застосування сучасних технологій при проведенні модернізації та реконструкції ПТУ для підвищення їх показників. Одним з важливих напрямків робіт з підвищення надійності і економічності паротурбінного обладнання є удосконалення кінцевих і проміжних ущільнень [1].

Передові світові турбобудівні фірми ведуть пошук і дослідження щодо створення нових конструктивних схем ущільнень. Так, фірма «General Electric» розробляє щіткові ущільнення, японські фахівці ведуть роботи з регульованими ущільненнями. В Росії розроблені пріоритетні, так звані сотові ущільнення для парових турбін, причому вони можуть бути використані як надбандажні, діафрагмові або кінцеві [2].

Сотові ущільнення можуть бути впровадженні на діючих турбінних установках модернізацією ущільнюючих вузлів під час капітальних ремонтів. В статорній частині встановлюються сотоблоки, що виготовляються з жаростійкої хромонікелевої фольги товщиною 0,05 мм і припаюються до вставок, з яких збирається кільце сотового ущільнення. Відповідні ділянки роторів проточується до хвилюво-гребневої структури [3].

Для порівняння техніко-економічної ефективності роботи сотових ущільнень в роботі [4] виконано експериментальну оцінку відносного внутрішнього ККД ЦВТ турбіни Т-250/300-240 до модернізації системи ущільнень та після. До переходу на сотовий тип ущільнень, турбіна була оснащена лабіринтними ущільненнями. Блоки лабіринтів статора було замінено сотоблоками, а ротор був проточений до необхідної форми. Результатом даних робіт стало збільшення відносного внутрішнього ККД ЦВТ на 1–1,9% в залежності від витрати свіжої пари (рис. 1).

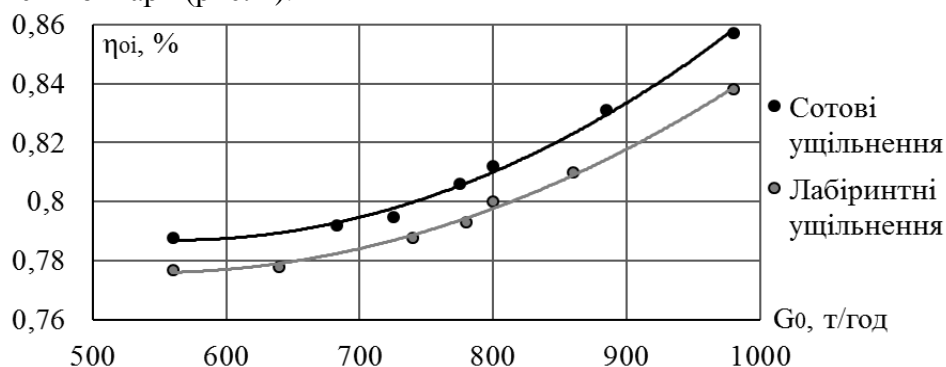


Рисунок 1 – Зміна відносного внутрішнього ККД ЦВТ за різної витрати свіжої пари G_0

Перелік посилань:

1. Канарский Д.Ю. Совершенствование уплотнений паровых турбин / Канарский Д.Ю., Римашевская Е.Д. // Актуальные проблемы энергетики. – 2011. – № 69. – С. 145-147.
2. Салихов А.А. Применение сотовых уплотнений на турбинах / А.А. Салихов, М.П. Юшка, С.В. Ушинин / Электрические станции, 2005. – № 6. – С. 22–26.
3. Буглаев В.Т. Повышение надежности и экономичности паровых турбин с использованием сотовых уплотнений / В.Т. Буглаев, А.Л. Карташов, В.Т. Перевезенцев // Вестник Брянского государств. технического университета, 2007. – № 2(14). – С. 48–53.
4. 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.

ТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ОКСИДІВ АЗОТУ (NOx)

Існує декілька способів зменшення викидів оксидів азоту (NOx), які використовуються для вогнетехнічного устаткування, основні з яких:

- рециркуляція спалених газів;
- додавання води / пари в камеру згоряння;
- католітичне очищення газових викидів.

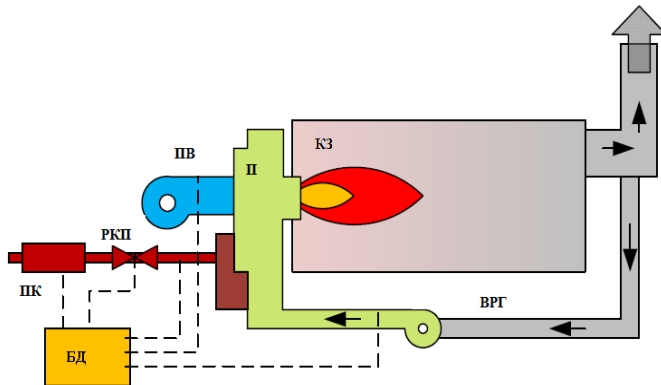


Рисунок 1 – Рециркуляція відпрацьованих газів

горіння призводить до обмеження процесу термічного формування NOx.

Додавання води або пари у топковий простір призводить до значного зменшення вмісту оксидів азоту у продуктах згоряння. Інакше кажучи, вода або пара в зоні горіння дає аналогічний ефект, як від технології рециркуляції спалених газів. У деяких випадках додають воду або пару прямо в полум'я окремими соплами, розташованими на паливнику, або вмонтованими отворами в паливний пульверизатор (рис. 2).

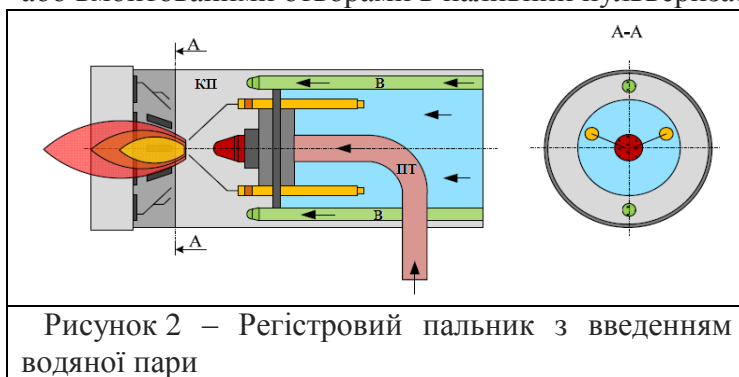


Рисунок 2 – Реєстровий пальник з введенням водяної пари

Каталітичне очищення базуються на фізичному чи хімічному зв'язування молекул газу. Найчастіше одночасно йдуть процеси фізичного та хімічного затримування домішок даного типу (хімічна абсорбція). Деякі методи базуються виключно на перетворенні токсичних компонентів на відносно нешкідливі шляхом окислення

(термічне чи каталітичне) або розкладання на менш токсичні компоненти.

Дослідження та розвиток цих технологій покращує розуміння хімічних процесів, що відбуваються під час формування забруднюючих речовин та створює науково-технічні засади стосовно зниження емісії оксидів азоту вогнетехнічним обладнанням.

Перелік посилань:

1. P. Arsenie, G. Martinas, C. Gheorghe, A. Arsenie Technologies for the Reduction of Nitrogen Oxides Emissions – TransNav the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation Volume 9 Number 2, June 2015. – P. 251-256.

УДК 621.43

Студент 4 курсу, гр. ТС-41 Стеценко В.В.
Ст.викл. Меренгер П.П.

ПЕРЕВЕДЕННЯ ПИЛОВУГІЛЬНИХ ЕНЕРГОБЛОКІВ ТЕС УКРАЇНИ ЩО СПАЛЮЮТЬ АНТРАЦИТ НА ГАЗОВЕ ВУГІЛЛЯ

Близько половини ТЕС використовує антрацит, що видобувається або на неконтрольованій урядом України території Донбасу або за кордоном. Альтернативне паливо – вугілля газової групи Г і ДГ. Антрацит і вугілля газової групи – принципово різні види палива за фізико-хімічними властивостями і мають різні норми і вимоги по вибухобезпечності, тому постає необхідність модернізувати котельні установки ТЕС.

При спалюванні вугілля, відмінного від проектних, увесь паливно-пальниковий комплекс в котлі працює по-іншому, тобто необхідно виконати комплекс балансових розрахунків співставимий з об'ємом проектування нового котла (теплові, аеродинамічні, гідродинамічні розрахунки), розробити конструкторську документацію, а потім виготовити ряд принципово нових його вузлів: від нових пальників до системи рециркуляції димових газів. Це сотні тон металу, які ще належить змонтувати на об'єкті.

Першою про готовність переходу заявили на Зміївській ТЕС ПАО "Центренерго" (вже 23 лютого 2016 р. було погоджено завдання на проектування) в співпраці з ТОВ "Котлотурбопром", ФХЦКБ "Енергопрогрес" і "ТЕП-Союз" завершили розробку проекту і робочої документації з переведення на спалювання вугілля марки "Г" котлів ТП-100 енергоблоків 200 МВт ст.№2 і 5 Зміївської ТЕС. За проектом отримано позитивне заключення ДП "Держбудекспертиза". ВАТ "Харківський котло-механічний завод" виготовив вузли і елементи котлів. Це виключає залежність від імпорту устаткування і послуг, як в процесі експлуатації так і сервісного обслуговування. [1]

Опрацювання варіантів технічного переоснащення в широкому колі експертів йшло достатньо довго. Вимагалось для кожного варіанту реконструкції виробити об'єми заміни вузлів і деталей котлів (вироблених в 1960-х роках російськими заводами). Розглядалося декілька варіантів: 1 – маловитратні заходи по спалюванню суміші вугілля при зниженій температурі сушки вугілля в існуючих млинах, без заміни пальників; 2 – середньовитратні заходи, по спалюванню вугілля марки "Г" при підготовці до спалювання в діючій пилосистемі, з організацією газової сушки вугілля в млині, а також з заміною пальників; 3 – комплексне заміщення вугілля антрацитової групи в ході реконструкції або ресурсної заміни енергоблоків з переходом на пряме вдування пилу в топку, з заміну млинів і млинових вентиляторів. Схвалення Техради "Міненерговугілля" отримали технічні рішення по зміні способу сушки вугілля в діючій пилосистемі.

"ДТЕК Придніпровська ТЕС" перевела енергоблок №7 потужністю 150 МВт на спалювання вітчизняного вугілля марки "Г" в жовтні 2017 р. Це перший подібний проект для компанії ДТЕК. За даними компанії, реалізація проекту зайняла 6 місяців. В середині листопада станція запустила ще один енергоблок на газовому вугіллі – №8, а у 2018 році переведе ще 2 блоки. Щомісячний ефект економії імпортного вугілля завдяки переведенню двох блоків ТЕС на вугілля марки Г складе близько 90 тис.т. [2]

19 лютого 2018 р. на енергоблоці №4 (300 МВт) Трипільською ТЕС ПАО "Центренерго" завершено комплекс будівельно-монтажних робіт з переведення котлоагрегатів на використання вугілля марки "Г" і "ДГ". Переведення блоку на Тп ТЕС є першим прикладом гібридних станцій, які паралельно спалюють різні види вугілля, що є украй важливим в підвищенні незалежності і енергобезпеки України. [3]

Перелік посилань:

1. delo.ua/business/kak-mashinostroiteli-pomogajut-centrenergo-zameschat-deficitnyj-329364/
2. biz.censor.net.ua/news/3034905/
3. uaenergy.com.ua/post/30584/tsentrenergo-zavershilo-perevod-energobloka-4/

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ТЕЦ

У наш час існує велика кількість проблем, одна з яких криється у недовірі людей до об'єктів важкої промисловості, що заснована на стереотипах, які міцно вкоренились у головах людей. Приводом до написання цієї статті стала ситуація, що розгортається в місті Дубно, Рівненської області, де суспільна громада стала проти будівництва ТЕЦ поблизу самого міста. Мотивація людей, що підняли цей «бунт», базується на непоінформованості, щодо переваг вироблення теплової та електричної енергії на ТЕЦ.

Таким чином, розглянемо основні переваги виробництва теплової і електроенергії на теплоелектроцентралях, а також забезпечення поставленої мети Нової Енергетичної стратегії України до 2035 року: «БЕЗПЕКА, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ». Її метою є забезпечення потреб суспільства та економіки в паливно-енергетичних ресурсах у технічно надійний, безпечний, економічно ефективний та екологічно прийнятний спосіб для гарантування поліпшення умов життєдіяльності суспільства. [1] На даний час виробництво теплової та електричної енергії на ТЕЦ є одним із шляхів вирішення цього завдання.

Основними перевагами теплоелектроцентралей можуть бути наступні:

- ТЕЦ можуть бути використані не тільки для електропостачання, але і для теплозабезпечення житлових і громадських будівель, промислових підприємств;
- за рахунок одночасного вироблення електроенергії та подачі тепла теплоелектростанції найбільш ефективні і економічні при тривалій експлуатації;
- в аварійних ситуаціях ТЕЦ може приймати участь у підтримці частоти в ОЕС (працювати в маневровій частині графіку);
- теплові електростанції можна побудувати в будь-якому місці, тим самим наблизити джерела отримання електроенергії до споживача і розташувати теплові електростанції рівномірно по території країни або економічного району;
- ТЕЦ працюють практично на всіх видах органічного палива - різному вугіллі, сланцях, рідкому паливі та природному газі.

Розглянемо техніко-економічні переваги, а саме витрату палива на ТЕЦ при виробництві електроенергії комбінованим та роздільним способом.

$B_{\text{розд}} = by^k (N_E^k + N_E^T) + B_{\text{кот}}$	(1)
$B_{\text{ТЕЦ}} = by^T \cdot N_E^T + by^k N_E^k + B_T$	(2)
$\Delta B = B_{\text{розд}} - B_{\text{ТЕЦ}} = (by^k (N_E^k + N_E^T) + B_{\text{кот}}) - (by^T \cdot N_E^T + by^k N_E^k + B_T) = N_E^T (by^T - by^k)$	(3)

Виходячи з вище вищевикладеного спостерігається, при комбінованому виробітку електроенергії питома витрата палива є меншою ніж при роздільній. Таким чином, менша витрата палива призводить до зменшення валових викидів шкідливих речовин, що є ще одним позитивним показником на користь ТЕЦ.

Перелік посилань:

1. Енергетична стратегія України на період 2035 р. від 17 серпня 2017 р. № 145-р Київ : Розпорядження // Кабінет міністрів України. – 2017. – С. 75

Магістрант 5 курсу, гр. ТС-71мн Ткаченко О.О.
Проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.

ПЕРЕВАГИ МОДЕРНІЗАЦІЇ СХЕМИ ПУСКУ БЛОКУ Т-250/300-240 НА ТУРБОПРИВОДІ ПРИ ЙОГО ЖИВЛЕННІ ПАРОЮ СТОРОННЬОГО ДЖЕРЕЛА

Пуск блоку потужністю 250 МВт з турбіною Т-250/300-240, згідно з типовою інструкцією по пуску та зупинці, має здійснюватися на живильному електронасосі (ЖЕН) до встановлення навантаження 160 МВт. При досягненні витрати живильної води на котел 138 кг/с здійснюється перехід на живильний турбонасос (ЖТН).

За час експлуатації були виявлені пошкодження та порушення роботи редукторів приводу електронасосів, що значно знизило надійність, економічність та готовність всього блоку.

Для виключення ЖЕН при пусках та використанні його як резервного обладнання, було розроблено схему підводу пари до ЖТН від загальностанційного колектора 13 ата з тиском 1,078–1,275 МПа (11–13 ата) та температурою 250–280 °С.

Робота турбоприводу на парі стороннього джерела здійснюється при відключенні живлення від основної турбіни та скиданні відпрацьованої пари в розширювач конденсатора головної турбіни. При цьому слід дотримуватися обмежень по температурі та тиску пари після ЖТН, які розраховуються відповідно до встановленого обладнання.

Перехід на проектну схему живлення турбоприводу насосу здійснюється при досягненні навантаження близького до 40% від номінального.

Організація схеми потребує монтажу додаткових трубопроводів підводу та відводу пари від ЖТН, встановлення спеціальної арматури, а також внесення змін в схеми регулювання та захисту.

Модернізація схеми пуску на турбоприводі при його живленні парою стороннього джерела дозволяє зменшити річні витрати умовного палива на 3 тис. тон, підвищити коефіцієнт готовності блоку, значно покращити надійність та знизити витрати електроенергії на власні потреби шляхом виключення ЖЕН.

Покращуються показники економічності роботи на перемінному режимі та стає можливим використання стороннього джерела пари з меншими показниками тиску та температури.

Враховуючи значну економію дефіцитного та високовартісного природного газу, вдалося досягти відносно малого терміну окупності біля 1 року.

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. *Радин Ю.А. и др.* Анализ особенностей режимов пуска теплофикационного блока мощностью 250 МВт с подачей стороннего пара на ПТН // Электрические станции. – 2000. – №6
3. *Мамонтов Н.И., Гарькавенко И.В., Кобцев О.М., Воеводин Ю.Т.* Разработка схемы пуска и работы теплофикационного блока Т-250/300-240 Харьковской ТЭЦ-5 на турбоприводе при его питании паром постороннего источника // ХЦКБ «Энергопрогресс» – 2006

УДК 621.4

Студент 2 курсу, гр. ТС-61-2 Ткаченко А.В.
Асист. Шелешей Т.В.

СТАН ТА ШЛЯХИ УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Сфера поводження з твердими побутовими відходами у кожній країні складається здебільшого із підприємств промислової переробки, сміттєспалювальних заводів (ССЗ), а також полігонів для захоронення. Провідними країнами вже давно доведено, що пріоритетним напрямом поводження з відходами є їх переробка, а спалення та захоронення повинні максимально обмежуватись. Позитивні ж результати заходів поводження з побутовими відходами є наслідком розумного поєднання усіх наявних технологічних можливостей.

В Україні нараховується 6,5 тисячі законних і близько 35 тисяч незаконних сміттєзвалищ, загальною площею 7% території, а це можна прирівняти до площі цілої Данії (понад 43 тисячі кв.км). І з кожним роком ситуація лише погіршується. За підрахунками екологів, Україна накопичила 54 млн кубометрів відходів; щороку сміттєві полігони поповнюються приблизно на 15–17 мільйонів тон. На переробку йде лише десята частина зібраного сміття.

ССЗ в Україні представлені чотирма об'єктами, побудованими в кінці 1980-х років. До цього переліку входять зупинені ССЗ в Харкові, окупованому Севастополі, Дніпропетровську, а також київський ССЗ "Енергія", який працює не на повну потужність. Виробничий процес даних підприємств не відповідає сучасним екологічним вимогам, а обладнання давно морально та фізично застаріло.

В Україні існує проблема з утилізацією сміття. Але рішення її поки що не знайшли. У великих містах вже взялися за сортування відходів, однак воно малоефективне, зважаючи на те, що все одно вивозять його, зазвичай, на одне звалище. Наразі в Україні працюючих утилізаційних заводів немає, і функціонує лише один сміттєспалювальний завод «Енергія», який лише частково допомагає позбутись від сміття у столиці, переробляючи до 25% столичного сміття. Експерти наполягають на будівництві сміттєпереробних заводів, зважаючи на шкідливий вплив спалювання відходів.

Такі підприємства займаються сортуванням і переробкою твердих побутових відходів в альтернативне паливо та на вторинну сировину. Це, по-перше, дозволить зменшити кількість сміття, яке накопичується на сміттєвих полігонах по Україні. По-друге, у повітря та ґрунт не потраплятимуть шкідливі відходи, і це сприятиме покращенню стану екології. А, по-третє, заводи з переробки побутових відходів можуть виробляти альтернативне паливо, яке фактично є заміником і використовується для роботи цементних та теплоенергетичних підприємств. Втім, наразі відмовитись від спалювання відходів теж не варто. Щодо сміттєспалювальних заводів, то звісно, їх викиди є шкідливими для екології, однак ці заводи є корисними в тому аспекті, що, спалюючи сміття, можна отримати теплоносії для опалення будинків.

Оскільки фактично більше 90% сміття потрапляє на полігони, які вже зараз переповнені. А переробляється заледве 4% твердих побутових відходів. Таким чином, екологічна інтеграція потребує відповідно і зміни екологічної свідомості. Саме в комплексі – від формування культури сміття на локальному рівні до будівництва утилізаційних заводів у глобальному плані – можна вирішити проблему зі сміттям та зробити країну чистою.

Перелік посилань:

1. Голубева О. Біогазова незалежність / Голубева О. // Енергетичний вісник України – Київ: 2014. – № 4. – С. 8–13
2. Кравченко К. Спалення сміття ефективно і красиво / . Кравченко К // Енергетичний вісник України – Київ : 2014. – № 4. – С. 20-28

УДК 621.4

Студент 4 курсу, гр. ТС-41 Ткачов В.І.
Асист. Шелешей Т.В.

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ В ЕНЕРГЕТИЧНІЙ ГАЛУЗІ

Декарбонізація енергетики набуває більшого впливу з точки зору запобігання зміні клімату, що впливає на формування балансу енергогенеруючих потужностей. Набуття чинності Паризькою угодою вимагає від міжнародної спільноти вжиття рішучих консолідованих заходів із протидії процесу глобального потепління на Землі. Важливу роль у виконанні цього завдання будуть відігравати ядерна енергетика, гідроенергетика, вітрова енергетика та інші ВДЕ з найменшим рівнем викидів парникових газів. Вирішенню проблеми декарбонізації енергетичного сектору сприятиме, зокрема, незмінна позиція України щодо доцільності використання ядерної енергії.

В Україні поточний рівень викидів забруднюючих речовин перевищує нормативи ЄС у середньому в 7–80 разів залежно від їх типу. Заплановано виконати їх за SO₂ і пилом до 2028 року, за NO_x – до 2033 року, передбачивши індивідуальний для кожного енергоблоку підхід щодо виконання поставлених зобов'язань.

Проблема декарбонізації та зменшення викидів забруднюючих речовин до оновленого рівня зобов'язання до 2020 року загалом може вирішуватися в Україні певною мірою за рахунок зниження енергоємності ВВП країни, загального скорочення обсягів ЗППЕ, а також за умови часткового виведення з експлуатації ТЕС. Виконання перспективних (після 2020 року) вимог щодо викидів парникових газів вбачається можливим шляхом імплементації системи торгівлі квотами на викиди парникових газів, встановлення питомих показників для найбільших джерел викидів та запровадження інших ринкових та неринкових інструментів скорочення викидів парникових газів. Основним завданням на загальнодержавному рівні у сфері охорони довкілля до 2020 року повинно стати законодавче забезпечення механізмів фінансування інвестиційних проектів з будівництва газоочисного обладнання в рамках Національного плану скорочення викидів від великих спалювальних установок.

Основні заходи для реалізації стратегічних цілей у сфері охорони довкілля:

- затвердження Національного плану скорочення викидів від великих спалюючих установок (SO₂, NO_x і пилу) та виконання заходів з реконструкції та модернізації теплоелектростанцій і теплоелектроцентралей;
- організація фінансового забезпечення реалізації інвестиційних проектів у рамках Національного плану скорочення викидів від великих спалюючих установок відповідно до зобов'язань України перед Енергетичним Співтовариством;
- запровадження заходів обмеження впливу енергетики на довкілля, в тому числі через оцінки впливу;
- запровадження системи екологічного менеджменту та аудиту (EMAS);
- створити систему стимулювання використання відходів як джерела енергії для виробництва теплової та електричної енергії;
- розроблення та затвердження Державної цільової екологічної програми виведення з експлуатації уранових об'єктів;
- проведення комплексу пошукових робіт на перспективних територіях, придатних для розміщення установок для захоронення радіоактивних відходів у глибинних геологічних формаціях.

Перелік посилань:

1. Енергетична стратегія України на період 2035 р. від 17 серпня 2017 р. № 145-р Київ : Розпорядження // Кабінет міністрів України. – 2017. – С. 75

ТЕНДЕНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ПЕРЕОЗБРОЄННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Україна посідає одне з провідних місць у світі з виробництва енергії всіх видів. Тому і не дивно, що нова енергетична стратегія окреслює стратегічні орієнтири розвитку паливно-енергетичного комплексу України до 2035 року. Ця стратегія передбачає реформи енергетичного комплексу. На даний момент Україна проходить перший етап НЕС (нової енергетичної стратегії).

У період 2017–2020 рр Україна має досягти сталого рівня загального постачання енергії. Враховуючи проблемність паливно-енергетичного комплексу України, який негативно впливає на державний бюджет країни, результатом реалізації енергетичної стратегії повинен стати його перехід в сучасну галузь, здатну до сталого розвитку у довгостроковій перспективі. Але, окрім позитивних кроків нової енергетичної стратегії, є і негативні, такі як :

- Продовження використання АЕС, в яких закінчився термін експлуатації(реактори ВВЕР-440 та ВВЕР-1000). Це підвищує ризик аварій, що тягне за собою необхідність зупинки блоків та початку термінового виведення з експлуатації, які проект енергетичної стратегії не передбачає;
- Будівництво нових потужностей (блоків на ХАЕС). Це не є перспективним, адже Україна повинна будувати якісні магістральні мережі за сучасними технологіями, а не економити та ризикувати енергосистемою країни;
- Ігнорування пошуків відновлювальних джерел, які мають стати альтернативою атомній енергетиці та вугіллю. В майбутньому буде приблизно в 2,5 рази більше, ніж сьогоднішні обсяги виробництва електроенергії.
- Досягнення енергетичної незалежності. Як відомо, ядерне паливо для наших станцій постачає лише дві компанії у світі: Російська ТВЕЛ та шведсько-американська Westinghouseuse.

Таким чином українська атомна генерація критично залежить від поставок свіжого палива з Росії. Це робить Україну залежною від інших держав в енергетичній галузі, що перетікає в політичну і може призвести до тяжких наслідків.

На мою думку головним питанням є планування збільшення використання відновлювальної енергії. Але Нова Енергетична Стратегія складена за принципом, щоб взяти ВСЕ із старих потужностей атомної енергетики, а всі питання щодо екологічних наслідків та ядерних ризиків не беруться до уваги. Наприклад, саме відновлювані джерела енергії мають стати на перше місце, адже вже багато країн світу перейшли на відновлювальні джерела.

Щодо старих енергоблоків АЕС радянського типу, вони у світі вже фактично відсутні, але на Україні вони продовжують працювати. Тож варто подумати про їх заміну, адже вони завдають досить великий удар по нашій екологічній системі. У документі пропонується будівництво нових потужностей, але це буде добудова блоків на Хмельницькій АЕС. Недоцільним будувати нові реактори за старим зразком. Так, для країни це буде вигідно з економічної точки зору, але ж важливішим є утримати екологічну систему на кращому рівні, ніж тільки усугубити її.

Перелік посилань:

1. Джангіров А. Сучасний стан та перспективи розвитку електроенергетики СНД / Джангіров А, Антипенко Ю // Новини енергетики. – Київ: 1998.– № 6. – С. 8
2. Енергетична стратегія України на період 2030 р. від 17 серпня 2017 р. №145-р Київ: Розпорядження // Кабінет міністрів України.– 2006.– С. 75

УДК 621.5

Студент 4 курсу, гр. ТС-41 Шадрін К.О.
Асист. Шелешей Т.В.

ОСНОВНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ УКРАЇНИ

Підвищення енергоефективності та забезпечення енергозбереження є найважливішою проблемою розвитку економіки в нашій країні в сучасних умовах, оскільки саме від вирішення цих проблем набагато залежать темпи економічного та соціального розвитку країни.

Оцінка рівня енергетичного розвитку країни здійснюється з допомогою основних макроекономічних показників, до яких належать: загальне споживання паливно-енергетичних ресурсів; споживання енергії на душу населення; енергоемність валового внутрішнього продукту; повна енергоемність промислової продукції; повна енергоемність сільськогосподарської продукції; валовий внутрішній продукт (ВВП) на душу населення.

Аналіз і порівняння цих показників розвинених країн і України дозволяє зробити такі висновки. За оцінками фахівців, наша країна відстає від розвинених країн у своєму економічному розвитку на 27–30 років. Якщо за абсолютними обсягами споживання паливно-енергетичних ресурсів Україну можна порівняти, наприклад, з такими країнами, як Великобританія і Франція, то енергоемність валового внутрішнього продукту України в 10 разів перевищує рівень Франції, територія і кількість населення якої може бути порівняна з Україною. Сьогодні енергоемність валового внутрішнього продукту України в 2–15 разів перевищує аналогічні показники промислово розвинених країн.

Особливе місце в системі модернізації технологічного устаткування займає перехід на альтернативні види палива. Державна Програма з термомодернізації країни передбачає за 4 роки скоротити на 50% споживання природного газу. Програма складається з кількох напрямків: модернізація існуючого газового устаткування, реконструкція котелень та переведення їх на альтернативні види палива та ін. Наприклад, встановлення в котельні замість газового котла біокотла, який працює на відходах деревини, вдвічі зменшує собівартість тепла. Річна економія становить понад три мільйони гривень.

Енергозбереження становиться сьогодні одним з найактуальніших засобів економії бюджетних коштів. І в рішенні цієї проблеми велике місце належить скороченню витрат електроенергії в мережах, обсяг яких досягає вражаючих розмірів – 21 млрд.кВт/год. Таким чином, то Україна є однією з найбільш енергозатратних країн у світі. Висока енергоемність ВВП в Україні є наслідком істотного технологічного відставання у більшості галузей, недостатніх темпів структурної перебудови економіки, нераціонального використання паливно-енергетичних ресурсів, недостатності коштів для впровадження енергозберігаючих технологій, відсутності обліку споживання енергоносіїв.

Основні пріоритетні напрямки та завдання підвищення енергоефективності та енергозбереження в Україні: структурна перебудова економіки в напрямку інтенсифікації енергетичного виробництва, підвищення рівня його енергоефективності; розробка і широке впровадження новітніх енергозберігаючих технологій систем управління та засобів контролю за забезпеченням енергозбереження; створення та реалізація засобів повного та якісного обліку витрат енергетичних ресурсів усіх видів; створення економічного механізму впливу на політику енергозбереження, застосування економічних санкцій за нераціональне використання паливно-енергетичних ресурсів та пільг для стимулювання заходів енергозбереження; залучення значних інвестицій у створення виробництв з використанням новітніх ефективних технологій; припинення виробництва неефективної з погляду витрати енергоресурсів продукції; використання вторинних енергоресурсів.

УДК 621.43.068.4:66.074.

Магістрант 4 курсу, гр. ТС-42 Шевченко В.А.

Доц., к.т.н. Грановська О.О.

СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЧИСТКИ ДИМОВИХ ГАЗІВ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ВІД ДІОКСИДА ВУГЛЕЦЮ

Протягом останніх 100 років людство активно використовує в якості енергоносія викопне органічне паливо, спалювання якого приводить до утворення значної кількості діоксиду вуглецю [1]. Хімічно стійка молекула діоксиду вуглецю може зберігатися в незмінному вигляді в Землі протягом близько 120 років, внаслідок чого вуглекислий газ, що викидається тепловими електростанціями, поступово накопичується в атмосфері планети.

Можливі три шляхи зниження емісії діоксиду вуглецю тепловими електростанціями:

- перехід на паливо з малим вмістом вуглецю, тобто заміну вугілля і мазуту на природний газ;

- зниження витрат палива, що спалюється, завдяки реалізації технічних рішень, які підвищують ККД енергоблоку і / або впровадження на ТЕС передових, менш енергоємних технологій [2];

- акумулювання CO_2 - витяг діоксиду вуглецю з димових газів ТЕС і його подальше захоронення (підземне або підводне складування) або використання в різних технологічних процесах.

Абсорбційні методи очищення димових газів від діоксиду вуглецю.

Технологія з використанням в якості абсорбенту води, органічних розчинників, водних або органічних розчинів амінів або карбонатів лужних металів. Всі ці методи засновані на зворотних процесах хемосорбції і / або фізичної абсорбції CO_2 різними розчинами.

Мембранні методи очищення димових газів від діоксиду вуглецю.

Система газоочистки з використанням мембран на основі органічних полімерів (полііміда і полівінаміна). Ці мембрани забезпечують (80–85) % витягання CO_2 з димових газів при атмосферному тиску і температурах до 200 °С. При більш високих температурах вони, на жаль, руйнуються.

Інші методи очищення димових газів від діоксиду вуглецю.

Ці методи призначені для ТЕС малої потужності. До нових методів мокрого очищення можна віднести використання біореакторів, а також процес уловлювання CO_2 за допомогою штучного розкладання силікату кальцію, прискорюється оцтовою кислотою.

Серед нових технологій сухого очищення можна назвати оригінальний метод із заморожуванням димового газу, що дозволяє витягувати з димових газів одночасно CO_2 та інші забруднення (тверді частинки, оксиди сірки і азоту, пари ртуті) [3].

Перелік посилань:

1. Повышение экологической безопасности ТЭС / А.И. Абрамов, Д.П. Елизаров, А.Н. Ремезов и др. М.: Издательство МЭИ, 2002.
2. Curry Ph. Coal power station in China // Mod. Power System 2006 Vol.26 №4 P 24-27.
3. Новгородский Е.Е., Шилов В.В. Установка очистки газовых выбросов с пульсирующей подачей продуктов сгорания // Энергосбережение и водоподготовка, 2006.– Т.1. с. 55–56.

УДК 621.4

Студент 2 курсу, гр. ТС-61-1 Шкута М.Ю.
Асист. Шелешей Т.В.

БЕЗПЕКА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ - ЗАПОРУКА НАДІЙНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ

Теплові електростанції (ТЕС) виробляють 60-80% електроенергії у нашій країні. Вони працюють на твердому (вугілля), рідкому (мазут) або газоподібному (природний газ) паливі. ТЕС викидають у атмосферу коло 30% загального обсягу всіх шкідливих промислових відходів. Вони істотно впливають на навколишнє середовище району їх розташування і на стан біосфери загалом.

Сучасна ТЕС – це складне підприємство, яке включає в себе велику кількість різного устаткування (теплосилового, електричного, електронного тощо) і будівельних конструкцій. Основним устаткуванням ТЕС є котельня і теплосилова установка. За типом теплосилової установки (теплого двигуна) теплові електричні станції бувають: паротурбінні (основний вид електростанцій), газотурбінні і парогазові ТЕС, а також електростанції з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ).

На теплових станціях України закінчується термін експлуатації, який закладений при їх будівництві ще за часів Радянського Союзу. Тому на теплових станціях трапляються аварії. На Ладизинській ТЕС 28 квітня 2012 року, близько 22:00 у результаті аварії більше ніж у 11 районах Вінниччини та сусідніх областях зникло світло. Причиною раптового зникнення світла стала пожежа на трансформаторній підстанції на території Ладизинської ТЕС, стався витік трансформаторної оливи на одній із підстанцій, внаслідок чого відбулося коротке замикання і обладнання спалахнуло.

25 квітня 2016 року на дві години вийшли з ладу два енергоблоки Бурштинської теплоелектростанції. Через це диспетчером Центральної диспетчерської служби Західної енергосистеми була дана команда диспетчерам ПАТ «Закарпаттяобленерго» зменшити потужність в енергосистемі на 100 МВт. Таким чином о 10 годині ранку 25 квітня в Закарпатській області був запроваджений Графік аварійних відключень.

Інцидент на Трипільській ТЕС стався 2015 року. Під час чищення резервуару на 20 куб. м стався вибух залишків кисню. У результаті, двоє працівників підприємства отримали опіки. 29 березня 2017 року у м. Світлодарськ (Дебальцеве) на Вуглегірській теплоелектростанції ДАЕК "Центренерго" на другому блоці сталося загорання обладнання, яке перетирає вугілля в пил. В результаті пожежі загинула одна людина. До лікарень потрапило 8 людей. Пожежникам знадобилося 15 годин, щоб впоратися з вогняною стихією, однак врятувати станцію від руйнування не вдалося.

Правильно і вчасно проведені ремонтні роботи значно продовжують термін роботи цих важливих об'єктів. Але будь-яка техніка обслуговується людиною, тому людський фактор є основою причиною аварій на ТЕС України. На тих станціях де пожежа сталася на трансформаторах причиною стала невчасна заміна відпрацьованого обладнання. На Трипільській ТЕС причиною стало порушення правил техніки безпеки самими постраждалими та керівним складом. На Вуглегірській ТЕС не виконувались правила експлуатації, вчасно не зволожувався вугільний пил, що призвело до загорання. Перелік посилань:

1. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. Підручник. – К.: «Політехніка», 2003. – 232 с.
2. Інтернет-ресурс http://gazeta.dt.ua/energy_market/globalni-problemi-energetiki-yak-nam-yih-rozv-yazati-teplova-energetika-ukrayini-maye-buti-bezpechnoyu-_.html
3. Установки спалювання на теплових електростанціях та в котельнях. Організація контролю за викидами в атмосферу. СОУ-Н МПЕ 40.1.02.307: 2005. НД Київ, 2005

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МЕРЕЖЕВИХ ПІДГРІВАЧІВ

Через мережеві підігрівачі на ТЕЦ проходить велика кількість теплоносія для системи теплопостачання, використовуються значні обсяги пара для його нагрівання. Важливою є їхня ефективна робота, в першу чергу ставиться питання підвищення інтенсифікації теплообміну, так як мережеві підігрівачі є дорогими апаратами. [1]

При конденсації пари на поверхні труби утворюється плівка конденсату, чим більше товщина плівки і чим вона рівномірніша, тим більший її термічний опір і тим менший коефіцієнт теплопередачі. Для інтенсифікації процесу теплообміну при плівковій конденсації, необхідно забезпечити зрив плівки з поверхні труб, зменшити її товщину і забезпечити відповідне стікання конденсату. Одним з технологічних прийомів є використання хвилястих труб. При конденсації пари на хвилястих трубах відбувається стікання конденсату з виступів у западини в верхній частині труби, в нижній частині, навпаки, при цьому має місце зрив плівки конденсату. Таким чином, створюються зони з мінімальною товщиною плівки, що підвищує коефіцієнт тепловіддачі від пари до поверхні труби. Окрім того, має місце інтенсифікація теплообміну і всередині труби, за рахунок ефективного перемішування теплоносія. [1, 2] Як показують дослідження [2], інтенсифікація теплообміну зростає в 1,8–2,7 рази, причому вона не залежить від температурного напору і компоновання труб по рядах. Для розрахунків рекомендується наступна залежність:

$$\frac{\bar{\alpha}}{\alpha_0} = 2,496 \left(1 - \frac{R}{D_n}\right) \left(1 - 0,379 \frac{R}{D_n}\right) \exp \left[3,65 \left(\frac{d_n}{D_n}\right)\right],$$

де R , D_n , d_n – геометричні характеристики труб [2].

$$\bar{\alpha}_0 = 0,7284 \sqrt{\lambda_{жс}^3 \rho_{жс}^2 g^2 / [\mu_{жс} t_n - t_w D_n]},$$

де, g – прискорення сили тяжіння; $\lambda_{жс}^3$, $\rho_{жс}^2$, $\mu_{жс}$ – теплопровідність, щільність і динамічна в'язкість при t_n ; t_w – температура стінки.

Результати випробування таких труб на мережевих підігрівачах [1, 2] показали, що коефіцієнт тепловіддачі зовні збільшується в $\sim 2,5$ рази, всередині труб – в 2,5–2,7 рази.

Висновки:

При реконструкції і модернізації мережевих підігрівачів доцільна заміна гладких труб на хвилясті, що дозволяє підвищити ефективність їх роботи за рахунок інтенсифікації теплообміну. При проектуванні нових підігрівачів такого типу (в порівнянні з існуючими) заміна дозволяє зменшити площу поверхні теплообміну і знизити вартість теплообмінника.

Перелік посилань:

1. Подогреватели сетевой воды в системах теплоснабжения ТЭС и АЭС: Учебное пособие / Ю.М. Бродов, В.И. Великович / Екатеринбург: УГТУ, 1999.– 138с.
2. Мигай В.К. Моделирование теплообменного энергетического оборудования. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. - 264 с.

СЕКЦІЯ №4

**Проблеми
теоретичної і
промислової
теплотехніки**

Аспірант - Барабаш В.П.
Проф., д.т.н. Пуховий І.І.

КОНДЕНСАЦІЙНИЙ РЕЖИМ РОБОТИ ЖАРОТРУБНОГО КОТЛА В ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНІЙ (95/70 С) СИСТЕМІ ОПАЛЕННЯ

В конденсаційних котлах використовується прихована теплота конденсації водяної пари, яка утворюється при згорянні природного газу. За рахунок цього коефіцієнт корисної дії (ККД) таких котлів може доходити до (98...99) % (при розрахунку відносно вищої теплоти згоряння палива). ККД звичайних (не конденсаційних) сучасних котлів становить близько (80...82)% (відносно вищої теплоти згоряння палива).

Для досягнення максимального ККД конденсаційного котла температура відхідних газів останнього повинна бути якомога меншою від температури точки роси продуктів згоряння [1]. При коефіцієнті надлишку повітря у відхідних газах близько 1,2 температура точки роси димових газів складає близько 56°C. Температура відхідних газів конденсаційного котла залежить від температури зворотної води, яка при низьких температурах навколишнього повітря може бути значно вищою за температуру точки роси продуктів згоряння природного газу. Із збільшенням температури відхідних газів вище температури точки роси в конденсаційному котлі припиняється виділення тепла конденсації і ККД такого котла стає таким же як і звичайного (не конденсаційного). Таким чином, у високотемпературній системі опалення, коли температура зворотної води більша за 60°C, використовувати конденсаційні котли не має ніякого сенсу.

Для уникнення цього недоліку було розроблено схему роботи звичайного (не конденсаційного) водогрійного котла в комплексі з теплонасосною установкою [2, 3].

Особливості розробленої теплової схеми:

1. Димові гази з температурою близько 180°C після водогрійного котла потрапляють в контактний економайзер, в якому вони охолоджуються до температури (25...35)°C і виходять в димову трубу.
2. В економайзер подається вода з температурою, близькою до 25°C, яка при контакті з димовими газами нагрівається до (30...40)°C. Підігріта вода надходить у випарник теплового насоса, де охолоджується і знову повертається в економайзер.
3. Зворотна вода системи опалення з температурою (60...70)°C проходить через конденсатор теплового насоса, в якому вона підігрівається до температури (65...75)°C і далі направляється в котел.

При використанні запропонованої схеми, витрати коштів на електроенергію, яку споживає теплонасосна установка, значно менша економії коштів за рахунок зменшення витрат природного газу. Коефіцієнт корисної дії даної системи складає близько 98% відносно вищої теплоти згоряння палива.

Перелік посилань:

1. Соснин Ю.П. - Газовые контактные водонагреватели (пособие по расчету и проектированию). - М.: Стройиздат, 1967. - 268 с.
2. Пуховий І.І., Барабаш П.О., Барабаш В.П. Схема теплопостачання з конденсаційним котлом та тепловим насосом // Патент України №86537, 10.01.2014. Бюл.№1.
3. Рей Д., Макмайкл Д. – Тепловые насосы: Пер. с англ.– М.:Энергоиздат, 1982 – 224с.

СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ТА ЗАДАЧІ ЩОДО ЇХ ПОДОЛАННЯ

За останні роки незалежності України організаційні перебудови стали перманентним явищем необдуманого та науково не обґрунтованого реформування паливно-енергетичного комплексу (ПЕК), Енергоринку, НКРЕ й інших важливих для функціонування галузі структур. Результатом цього занедбаними ставали ТЕС, ТЕЦ, вугільні шахти, фабрики вуглезбагачення й інші об'єкти ПЕК.

Стан ПЕК постійно перебуває у центрі уваги фахівців. Проте, не зважаючи на існуючі теоретичні розробки щодо його перспективного розвитку, не вирішеними залишаються нагальні питання його функціонування, які переросли у об'єктивні виклики.

За даними Міненерговугілля станом на 2016 р. у зоні проведення АТО знаходяться 249 з 343 державних підприємств, а це 73% и лише 19% з них належать до шахтовидобувного комплексу Міненерговугілля, інші-приватні, які були раніше приватизовані. Приватні шахти не підпорядковуються директивам даного міністерства, керуються у своїй діяльності власними економічними і політичними критеріями доцільності поставок вугілля на енергетичні об'єкти.

За останні роки (з 2010 р. по 2016 р.) виробництво електроенергії на ТЕС України зменшилося на 87627,6 млн. кВт·год, тобто знизилося на 28,9% [1, 2]. Це пов'язано із втратою поставок антрацитового вугілля марки АШ, на якому працюють більшість вугільних котлів ТЕС. Доступними залишаються лише запаси вугілля марки Г і ДГ, яке можливо спалювати лише на Вуглегірській ТЕС (використовує вугілля до 2,6 млн. т на рік), Калуській і Черкаській ТЕЦ (до 1,3 млн. т на рік) [2]. Але його можливо ефективно спалювати й на інших котлах із застосуванням нового способу [3].

Існуючий рівень концентрацій забруднюючих речовин на ТЕС України перевищує допустимі норми та вимоги Директив 2001/80/ЕС і 2010/75/EU: по твердих частинках - у 30–125 разів, по діоксиду сірки SO₂ -у 10–35 разів, а по оксидах азоту NO_x –у 2,5–9 разів.

Таким чином, до сучасних викликів ПЕК країни необхідно віднести: необхідність диверсифікації джерел постачання якісного вугілля, подолання проблем спалювання неякісного та несортваного вугілля у зв'язку із зміною марок та якості доступного енергетичного вугілля, забезпечення регулярності поставок енергоресурсів, надійності енерговиробництва з одночасним підвищенням рівня енерго-екологічної ефективності роботи об'єктів у відповідності до вимог нормативних документів України та ЄС.

Для подолання викликів актуальними задачами є: термінова науково-обґрунтована розробка та впровадження технологій спалювання на антрацитових котлах пісного вугілля з характеристиками, що відрізняються від проектних; всебічне розширення сфери споживання газового вугілля, впровадження нових технологій очищення димових газів від викидів забруднюючих речовин (пилу, оксидів сірки та азоту).

Перелік посилань:

1. Енергетика України: сучасний стан і найближчі перспективи / А. А. Халатов // Вісник Національної академії наук України. – 2016. - № 6. – С. 53–61.
2. Електронний ресурс / Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. – Режим доступу: <http://mre.kmu.gov.ua/>.
3. Патент 122658 України, F23K 1/00. Спосіб спалювання вугілля марки Г / Варламов Г.Б., Капустянський А.О. - № u201706336; Заявл. 21.06.2017р.; Опубл. 25.01.2018., Бюл. №2.

ВПЛИВ ДІАМЕТРА ТА МАТЕРІАЛА ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ НАСАДКИ НА ВІДСТАНЬ МІЖ ШТУЧНИМИ БУРУЛЬКАМИ.

Більшість досліджень формування бурульок на горизонтальних циліндричних насадках проводять в сфері захисту ЛЕП від обмерзання та при виробництві льоду в бурульках на горизонтальних насадках з використанням теплоти кристалізації води для підігрівання повітря. Відстань між бурульками, температура морозного повітря та його швидкість а також густина зрошення водою горизонтальної циліндричної насадки – фактори, які впливають на кількість намороженого (акумуляованого) льоду.

Частота розташування бурульок має значний вплив на масу льоду, що утворюється в бурульках на одиницю довжини. Експериментальні дослідження відстані між бурульками для кабелів ЛЕП діаметром 22мм [1] демонструють, що відстань між бурульками становить близько 20мм і не залежить від умов зростання. Дослідження процесів формування бурульок з півки води, що гравітаційно тече по вертикальній чи нахиленій поверхні виявили, що відстань між центрами формування бурульок складає 25мм [2]. Теоретичні розрахунки, проведені дослідниками [3] демонструють, що відстань між краплями (припущення - бурульками) складає 17,9 мм для води при 0°C.

Експериментальні дослідження, проведені авторами для горизонтальних циліндричних насадок зі сталі та алюмінію діаметрами від 6 мм до 45мм, при постійній густині зрошення форсункою $G=0,014 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$ та температурах навколишнього повітря $t_{\text{п}}$ від -4°C до -14°C майже не залежать від діаметра насадки, а їх усереднені значення лежать в межах від 17,5мм до 18 мм. Результати дослідження представлені на рисунку 1. В той же час, експериментальні дослідження проведені для циліндричних насадок з полімерів діаметрами від 20мм до 110мм, при постійній густині зрошення форсункою $G=0,014 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$ та температурах навколишнього повітря $t_{\text{п}}$ від -7°C до -14,5°C демонструють тенденцію до зменшення відстані між бурульками від 16мм до 12мм і описуються рівнянням $\delta_{\text{бур}} = -0,03d_{\text{тр}} + 16,5$, де $d_{\text{тр}}$ -діаметр трубноної насадки в мм. Результати представлені на рисунку 2.

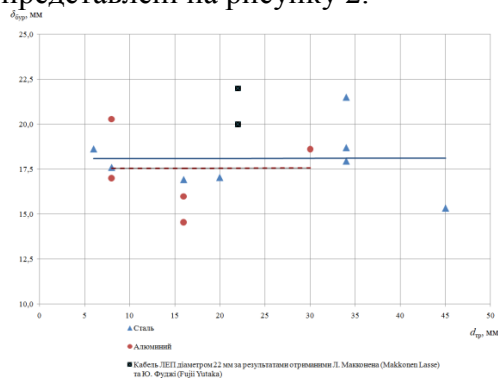


Рисунок 1

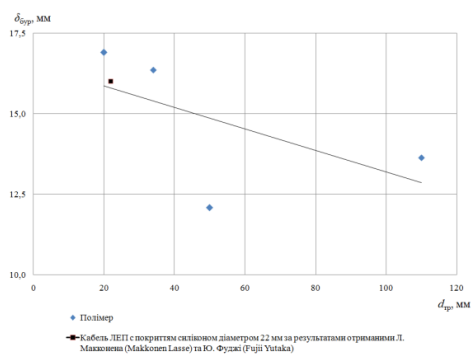


Рисунок 2

Перелік посилань:

1. Makkonen L and Fujii Y 1993: Spacing of icicles, Cold Regions Science and Technology vol 21, 317-322
2. Пуховий І. І., Ляхович Л.М., Тимошицький О.В., Про механізм утворення та формування штучних льодяних бурульок в системах виробництва льоду за рахунок природного холоду. *Відновлювана енергетика XXI століття*. 2005. №3-4. с. 20-23.
3. Boucher, E.A. and Evans, M.J.B., “Pendent drop profiles and related capillary phenomena”, Proceedings of the Royal Society London A 346, 349-374 (1975)

УДК 697.1

Студент 4 курсу, гр.ОТ -41 Гетманчук Г.О.; асистент Білоус І.Ю.
Проф., д.т.н. Дешко В.І.

ДИНАМІЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОПОТРЕБИ НА ОХОЛОДЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ

Проблеми енергоефективного використання енергії в будівлях та забезпечення комфортних умов набули державного значення. В червні 2017 року був підписаний Закон України "Про енергетичну ефективність будівель" [1], значна увага приділяється потребам на опалення будівель та майже не враховується енергопотреба на кондиціонування.

В Україні все ширшого застосування набувають динамічні моделі визначення енергетичних характеристик будівель, що дозволяють проводити розрахунки в погодинному та/або менших інтервалах. В стандарті [2] наведено дві методики розрахунку енергопотреби будівель на опалення: квазістаціонарна та динамічна. На основі першої введений національний метод розрахунку за ДСТУ Б.А.2.2-12:2015 [3], що включає визначення потреби на опалення, охолодження, ГВП та базується на визначенні місячних показників. Друга методика [2] базується на спрощеному погодинному методі розрахунку енергопотреби і моделі – п'ять опорів, одна ємність (5R1C). Вузлові моделі розрахунку енергетичних характеристик набули широкого використання в Європі. Альтернативним варіантом є використання динамічних програмних продуктів. Найбільш деталізованими та популярними серед них є EnergyPlus (E+), eQUEST, TRANSIS. В статті [4] проведено порівняння енергопотреби будівлі на опалення моделі, реалізованої в програмному продукті E+, та вузлової моделі 5R1C, розбіжність результатів не перевищує 7% для погодинних кліматичних даних типового року IWEC файла для м.Києва. В статті [5] проведено порівняння моделі 5R1C з моделлю, реалізованою програмному продукті TRANSIS для міст Палерно, Венеції, Відня та Хельсінкі для потреб опалення та охолодження. Розбіжність потреби на опалення не перевищує 9% для розглянутих міст, на охолодження - до 27%, що стало підставою збільшення числа опорів та ємностей в новому стандарті.

Об'єктом дослідження обрана кімната описана в статті [4]. В роботі проведено моделювання енергопотреби кімнати на охолодження, розташованої в Києва та орієнтованої на Пн та Пд. Розбіжність енергопотреби на охолодження, отримана за моделлю 5R1C та E+, становить біля 40%, що свідчить про необхідність розвитку моделей розрахунку енергопотреби на охолодження [2], що діють в Україні.

Перелік посилань:

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» // ВВР України. – 2017. – № 2118-VIII. – Ст. 359.
2. EN 13790:2008. Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling. — CEN. European Committee for Standardization, 2008. — 53 p.
3. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні [Текст]. – Уведений вперше; чинний від 2015.01.01. – К. Мінрегіонбуд України, 2016. – 205 с.
4. Deshko V.I., Sukhodub I.O., Bilous I.Yu. Mathematical models for determination of energy need for heating, 8 pages // II Międzynarodowa Konferencja Naukowo-techniczna "AKTUALNE ZAGADNIENIA ENERGETYKI, BUDOWNICTWA I INŻYNIERII ŚRODOWISKA", 23-25 listopada 2017 r., Kielce, Polska
5. J. Vivian, A. Zarrella, G. Emmi, M. De Carli. An evaluation of the suitability of lumped-capacitance models in calculating energy needs and thermal behaviour of buildings. Energy and Buildings. № 150 (2017). Pp. 447–465.

УДК 621.22

Магістрант 6 курсу, гр. ОТ-61м Пелєвін А.С.
Доц., к.т.н. Дубровська В.В.,
Доц., к.т.н. Шкляр В.І.

МОДЕЛЮВАННЯ МІНІ ГЕС В ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ RETSCREEN 4

Виснаження світових паливно-енергетичних ресурсів, постійно зростаючі потреби споживачів, що неминуче викликають підвищення цін на енергоносії, як на світовому ринку, так і в Україні, загостило проблему впровадження нетрадиційних відновлювальних джерел енергії та енергозберігаючих технологій. Мала гідроенергетика є найбільш освоєною з нетрадиційних відновлювальних джерел електроенергії, яка дозволяє використати значний гідроенергетичний потенціал малих річок і притоків для забезпечення локального електропостачання віддалених районів або населених пунктів.

Для визначення доцільності використання гідропотенціалу певної річки з метою отримання електричної енергії пропонується застосувати програмне забезпечення RETScreen 4, яке призначено для енергетичного, техніко-економічного і екологічного аналізу проектів з використанням чистої енергії [1].

Мета роботи провести розрахунки потужності міні ГЕС в залежності від характеристик річки.

За допомогою програмного середовища RETScreen 4 проведено розрахунки міні ГЕС для р. Гнилоп'ять біля с. Бистрик в Бердичівському районі Житомирської області України.

За вихідні дані прийнято: запропонований проект – руслова; річка – Гнилоп'ять; загальний напір – 5 м; рівень води в нижньому б'єфі – 2 м; середня багаторічна витрата води річки за весь період спостереження – 3,75 м³/с [2]; відсоток часу, коли є стійкий стік – 90 % [1]; розрахунковий потік гідротурбіни – 4 м³/с [3]; тип гідротурбіни – Каплан; розрахунковий коефіцієнт – 4,5 згідно з [3]; максимальний ККД турбіни – 84,9 %.

Для розрахунку електричної потужності було прийнято: значення нормованого потоку в залежності від водності року [4]; максимальні гідравлічні втрати – 7 % [2]; інші втрати – 1 % [3]; ККД генератора – 97 % [3]; можливість використання – 95 % [3]; поправочний коефіцієнт доступного потоку – 1 [3].

За допомогою програми у відповідності з вихідними даними та графіку застосування гідротурбіни [3] була обрана гідротурбіну типу Каплан потужністю 148 кВт, визначено річне виробництво електроенергії 1052 МВт·год. Отримано значний екологічний ефект: щорічне скорочення викидів CO₂ на 406,1 т у порівнянні з отриманням електроенергії при спалюванні природного газу.

Фінансовий аналіз показав доцільність проекту: повернення капіталу через 1,6 року, а простий строк окупності проекту становить 1,9 року при рівні інфляції 12%.

Перелік посилань:

1. Retscreen Engineering & Cases Textbook. Small hydro project analysis chapter /Minister of Natural – Resources Canada 2001 – 2004
2. Малі річки України: Довідник /А. В. Ядик, Л. Б. Би-шовець, Є. О. Богатов та ін.; За ред. А. В. Ядика. – К.: Урожай, 1991. – 296 с.
3. RETScreen Software Online User Manual. Small Hydro Project Model /Resources Canada 2001 – 2004
4. Ресурси поверхностных вод СССР. – Т.6. Украина и Молдавия. – Вып. 2 Среднее и нижнее Поднепровье. – Описание отдельных рек и водохранилищ бассейна р. Днепр / Под ред. М.С. Каганера – Л.: ГИМИЗ, 1970. – 520 с.



УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ПЕРЕПЛАВКИ АЛЮМІНІЄВОГО БРУХТУ

Стационарні печі, які споруджуються на алюмінієвих заводах для переплавки алюмінієвого брухту, конструктивно являють собою футеровану і теплоізольовану прямокутну камеру з подиною, боковими і торцьовими стінками та склепінням. Камера має дві зони: нижню, де знаходиться алюміній після розплавлення завантаженого брухту, та верхню (без розплаву). В роботі [1] показано, що заміна теплоізоляції з пінодіатоміта на силікат кальція в конструкціях подини, склепіння, бокових і торцьових стінок призводить до зменшення тепловтрат через ці огороження приблизно на 25 %. Суттєве зниження теплових втрат також досягнуто при зменшенні площі форкамер і терміну їх відкриття при знятті шлаку.

Метою роботи є подальше підвищення енергетичної ефективності печей за рахунок удосконалення їх конструкції.

На термін плавки і ККД печі, очевидно, впливають не тільки теплові втрати, але й об'єм печі (внутрішній та зовнішній). Зменшення об'єму печі при заданій місткості по алюмінію може бути досягнуто за рахунок використання нахиленого склепіння.

Термін плавки алюмінієвого брухту, год, можна визначити з наступного рівняння

$$\tau = Q_{\text{кор}} / 3600 A q_v V_{\text{ал}}, \quad (1)$$

де $Q_{\text{кор}}$ – кількість корисно використаної в печі теплоти, кДж; A – параметр, який залежить від конструктивних і теплофізичних властивостей футеровочно-теплоізоляційних матеріалів та температурно-теплових умов проведення плавки; q_v – корисна теплова напруга робочого простору печі, кВт/м³; $V_{\text{ал}}$ – об'єм алюмінієвого брухту, що завантажується в піч, м³.

Для визначення величин q_v та $Q_{\text{кор}}$ використовуються наступні рівняння

$$q_v = Q_{\text{кор}} / V_{\text{вн}}; \quad (2)$$

$$Q_{\text{кор}} = (P_{\text{вст}} - Q_{\text{втр}}) \tau 3600, \quad (3)$$

де $V_{\text{вн}}$ – внутрішній об'єм робочого простору печі, м³; $P_{\text{вст}}$ – встановлена потужність печі, кВт; $Q_{\text{втр}}$ – сумарні втрати теплоти в печі, кВт.

$$Q_{\text{втр}} = q_o V_{\text{зн}} (t_p - t_{\text{зовн}}), \quad (4)$$

де q_o – питома теплова характеристика печі, кВт/(м³·К); $V_{\text{зн}}$ – зовнішній об'єм печі, м³; t_p і $t_{\text{зовн}}$ – відповідно температура в робочому просторі печі і навколишнього повітря, °С.

Для печі з нахиленим склепінням питома характеристика печі, кВт/(м³·К)

$$q_{o,н} = q_o (V_{\text{зн,н}} / V_{\text{зн}})^{0,5} \quad (5)$$

де $V_{\text{зн,н}}$ і $V_{\text{зн}}$ – зовнішні об'єми печі з нахиленим склепінням та наявної конструкції відповідно, м³.

Розрахунками для печі місткістю 6 т при встановленій потужності 600 кВт показано, що термін плавки для печі нахиленим склепінням порівняно з традиційним зменшується на 8 – 14 %, а ККД підвищується на 6,2 – 8,2 %.

Перелік посилань:

1. Панов Е.Н. Повышение энергетической эффективности печей (миксеров) для переплавки алюминиевого лома /Е.Н. Панов, М.Ф.Боженко, М.В.Коржик и др. //Цветные металлы. – 2005. - № 5 – 6. – С. 114-117.

ПРО ДЕЯКІ МОЖЛИВОСТІ СКОРОЧЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ В СУЧАСНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ ХІМІЧНОЇ ТА ЦУКРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ В УКРАЇНІ І СВІТІ

В даний час цукрова промисловість є однією з найбільш енергоємних харчових галузей у світі. Традиційні технології дають велику кількість відходів, і, як правило, втрачають найцінніші компоненти - фруктозу та глюкозу. У цих технологіях є декілька серйозних недоліків. Наприклад, необхідні високі витрати на енергію та багаторазове нагрівання робочих середовищ. Осадження домішок хімічним шляхом дає осад, який потребує утилізації. Надлишкові потужності насосів є найбільшим джерелом непродуктивних витрат енергії. Електропривідні системи складають до 60% всієї споживаної промисловістю енергії та більше 30% споживання електроенергії в цілому.

Трубопроводи, через які проходить середовище з температурою 50 ° С, називаються холодними, більше 50 ° С - гарячими. З'єднання окремих труб в трубопровідну систему здійснюється за допомогою зварювання, з'єднуючи трубопроводи з окремими блоками та агрегатами, зазвичай використовують фланці. Запірна і регулююча арматура приєднується до трубопроводів фланцями і тільки в окремих випадках, в основному на трубопроводах невеликого діаметра, за допомогою зварювання і муфт. Згідно Керівними вказівками щодо експлуатації, ревізії і ремонту технологічних трубопроводів труби діляться на п'ять груп (А, Б, В, Г, Д) в залежності від характеристики середовища, що транспортується, і на п'ять категорій (І - V) в залежності від робочих параметрів - температури і тиску.

Відповідно до державних стандартів встановлюються умовні, випробувальні та робочі тиски для трубопроводів і клапанів. Під умовним тиском розуміється тиск, для якого необхідно розрахувати трубопроводи при температурі рухомого середовища від 0 до 120 ° С. Робочий тиск називається номінальним тиском під час експлуатації трубопроводів. Для сталевих труб, що працюють при температурі до 200 ° С, допустимий робочий тиск може вважатися рівним умовному; при підвищеній температурі середовища робочий тиск перераховується в залежності від металу труб.

Компресори, насоси та вентилятори є основними споживачами електроенергії серед промислових підприємств. Вони складають більше половини загальної енергії у цьому секторі: компресори споживають від 15 до 30%, насоси коливаються від 20 до 25%, вентилятори становлять від 13 до 14%. У той же час ці характеристики різняться залежно від конкретних галузей і підприємств. У хімічній промисловості на насоси припадає 37-76% електроенергії, компресори - від 3 до 55%.

Тривалість експлуатації обладнання може бути оцінена на прикладі європейських країн. У Франції на початку 90-х років. 88% промислових компресорів, 75% насосів та 70% вентиляторів працювали понад 4000 годин на рік. Така швидкість використання характерна для більшості країн. Потужність використовуваних електродвигунів залежить від галузей промисловості та регіонів світу. Наприклад, у Китаї дві третини енергії споживаються електродвигунами потужністю менше 100 кВт (Brunner and Niederberger, 2006). Саме в цій категорії обладнання необхідно зосереджувати зусилля з енергозбереження. Ефективність роботи сучасних промислових насосів варіюється від 40 до 90%, залежно від їх потужності та кількості.

Поліпшення може бути внесено в системах регулювання діючих установок за рахунок використання, наприклад, контролери тиску / витрат, акумулювання, централізоване управління системами стисненого повітря, застосування сенсорного регулювання, нова технологія регулювання швидкості - регенеративне гальмування, корекція коефіцієнта активної потужності, покращене регулювання обертів / швидкості .

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБМІНУ В ЕКОНОМАЙЗЕРІ ДЛЯ ГЛИБИННОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ДИМОВИХ ГАЗІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ SOLID WORKS

Економайзер Enerstena СЕВ 1000 – вертикальний кожухотрубний теплообмінник з камерою змішування, що призначений для нагріву теплоносія (у даній роботі – зворотної води системи теплопостачання) за рахунок глибинного охолодження димових газів.

Ціль роботи: дослідити теплообмін між потоками рідини та визначити ефективність конденсаційного економайзера для глибинного охолодження димових газів.

Було проведено 2 експерименти, які відрізняються між собою геометричною моделлю досліджуваної установки, а саме: в експерименті 2 до геометричної моделі економайзера додано перегородки по ходу робочого тіла, що нагрівається (води), у кількості п'яти штук. Під час проведених експериментів було: розроблено геометричні моделі експериментальної установки, проведено моделювання у додатку Solid Works'14 Flow Simulation процесу теплообміну, на основі результатів моделювання визначено показники ефективності роботи установки.

Під час геометричного моделювання було змодельовано: кожух економайзера, патрубку, перегородки, трубну решітку, трубний пучок, що складається з теплообмінних трубок, у кількості 367 шт. Для спрощення розрахунків та економії часу розрахункову область було розбито на дві симетричні частини. Було задано наступні граничні умови: димові гази на вході до економайзера: витрата теплоносія – 3,06кг/с, температура – 359К; вода на вході до економайзера: витрата теплоносія – 0,006м³/с, температура – 340К. Рівень точності розрахунків – 2.

Експеримент 1. Висновки: найкраще охолодження трубного пучка спостерігається ближче до патрубка вхідної води. В центрі трубного пучка інтенсивність охолодження більш низька. Температура в твердому тілі змінюється в допустимих межах. Температура гріючого теплоносія (димові гази) знижується в економайзері на 36 °С (з 359К до 322К), а температура теплоносія, що нагрівається (вода) підвищується в економайзері на 3 °С (з 340К до 343К), що зіставляється з даними отриманими з натурального експериментом і свідчить про адекватність моделювання.

Експеримент 2. Висновки: встановлення перегородок призводить до більш рівномірного розподілу температур та швидкостей по ширині корпусу та дозволяє збільшити теплове навантаження економайзера, що дозволяє нагрівати теплоносії, що нагрівається – воду, до більш високих температур – на 4 °С (з 340К до 344К), та охолодити димові гази до більш низьких – на 39 °С (з 359К до 320К).

Отже, за допомогою програмного забезпечення SolidWorks'14 було проведено комп'ютерне моделювання у вигляді двох експериментів, перевірено коректність комп'ютерного моделювання, виявлено частини економайзера, у яких інтенсивність теплообміну може бути збільшена, виконано конструктивну зміну в економайзері (встановлення перегородок) для збільшення інтенсивності теплообміну та оцінено результати моделювання. З урахуванням збільшення інтенсивності теплообміну конструктивні зміни в економайзері є доцільними.

Перелік посилань:

1. John E. Matsson. An Introduction to SolidWorks Flow Simulation 2010 / John E. Matsson. – SDC publication 2010, ISBN: 978-1-58503-589-2
2. Боженко М.Ф. Енергозбереження в теплопостачанні : навч. посіб. / М.Ф. Боженко, В.П. Сало. – К : НТУУ «КПІ», 2008. – 268 с.

АНАЛІЗ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ В БУДІВЛЯХ З ЛЬОДЯНИМИ ОГОРОЖАМИ БУФЕРНИХ ЗОН

Буферні зони (БЗ) утворюють засклені лоджії, оранжереї, що відносяться до пасивних систем сонячного опалення. БЗ є сіни, горища і інші приміщення, в т.ч з льоду при використанні теплоти кристалізації води. В умовах клімату з відлигами виникає проблема стійкості стіни протягом певного часу. Досліджено нагрівання і танення льодяної пластини [1]. Температура в центрі пластини залишається нижчою ніж на поверхні. Нами отриманий патент на багатшарову льодяну стіну, яка утворюється шляхом зростання льодяних сталактитів між собою при замерзанні плівки води на вертикальних шнурах [2]. Виготовлено 3 льодяні пластини в рамках з сітками для підвищення міцності. Для прискорення дослідів льодяний блок з повітряним проміжком був встановлений на рамці з ущільненням (фото 2) шириною 20 мм біля вікна з подвійним заскленням, а на вікні з одинарним заскленням – одна льодяна пластина. У першому випадку термічний опір теплопередачі був вищий, ніж у другому. Температура атмосфери змінювалась від мінус 7 до мінус 1 С. Через 4 доби одна пластина на шибці розтанула, а в подвійному блоці прилегла до вікна пластина зменшилась зі сторони вікна по товщині вдвоє (фото 1). Проведений аналіз теплових потоків (на початку досліду у першому випадку $q = 30$ у другому $q = 54$ Вт/кв.м) і температур в БЗ прилеглий до скла (температура льоду 0 - мінус 1 С у 1 випадку і 4 С –у другому) Тому лід розтавав з середини при підвищенні температури атмосфери до мінус 1-3 С. Теплові побоки через стіну нижчі в 2-4 рази, тому можна очікувати q біля 8-12 Вт/кв.м. і температури в БЗ знизяться.



Рис.1 Фото 1



Рис.2 Фото 2

Перелік посилань:

1. Дранік Т.В., Пуховий І.І. Експериментальне дослідження нагрівання та танення льодяної пластини в умовах вільної конвекції // Тези доп. ІХ Міжнар. наук.-практ. конф “Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики”, 18—22 квітня 2011 р., ТЕФ, НТУУ “КПІ”. — К.: НТУУ “КПІ”, 2011. — С. 206.
2. Пуховий І.І.; Живиця К.О.(UA) «СПОСІБ УТВОРЕННЯ ЛЬОДЯНОЇ СТІНИ В ХОЛОДНОМУ ПОВІТРІ» Пат.№120648 від 10.11.2017, МПК(2016)F24D 15/00.

ЕКСПРЕС-МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОМАСОВОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ВУГЛЕГРАФІТОВИХ ВИРОБІВ В ПЕЧАХ ГРАФІТУВАННЯ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ КАСТНЕРА

Завершальною стадією при виробництві штучного графіту, який знайшов широке застосування в багатьох галузях промисловості, є процес графітування, сутність якого полягає в високотемпературній обробці виробів до 2500 – 3000 °С в спеціальних графітувальних електричних однофазних печах опору за двома технологіями: Ачесона і Кастнера. Опором є матеріали, що графітуються, через які протікає електричний струм, нагріваючи їх. При цьому в малих об'ємах печі можливо сконцентрувати велику кількість енергії, яка виділяється при проходженні електричного струму, що дозволяє створити вказані вище температури [1, 2].

В основу методики, що розробляється, покладена ідея встановлення залежностей температури вугільних заготовок в печах Кастнера, за аналогією з викладками роботи [3] для графітувальних печей Ачесона, від часу з початку кампанії; масових та геометричних характеристик завантаження печі; вологості теплоізоляції; електричних характеристик, а саме, активної потужності, вторинної напруги, сили струму, коефіцієнта потужності, і т. ін.

Підведена від джерела живлення електрична енергія за винятком втрат в самому джерелі (пічному трансформаторі) та ошиновці (між трансформатором і піччю) корисно витрачається на нагрівання вугільних заготовок, а решту можна вважати втратами: на нагрівання теплоізоляції, нагрівання і випаровування вологи з неї; на реакцію газифікації; втрати з поверхні заготовок через шар теплоізоляції в навколишнє середовище.

Розроблена методика оперативного визначення середньомасової температури заготовок печей Кастнера в режимі реального часу, в якій враховані корисні витрати енергії на нагрівання заготовок з урахуванням її втрат до входу в піч; паразитні витрати енергії на прямий нагрів теплоізоляції, компенсаційної вставки та струмовідводу; витрати на нагрів та випаровування вологи з теплоізоляції, втрати з поверхні заготовок в навколишнє середовище; витрати енергії на ендотермічну реакцію газифікації.

Отримані температурні залежності ефективного коефіцієнта теплопередачі від поверхні заготовок через шар теплоізоляції в навколишнє середовище і ефективного коефіцієнта пропорційності, що враховує витрати активної електричної енергії на прямий нагрів теплоізоляції, компенсаційної вставки та струмовідводу.

Співставлення результатів розрахунків для однієї з кампаній печі Кастнера з чисельним моделюванням механічного та теплоелектричного стану печі показало, що розроблена методика може бути рекомендована для практичного використання при розробці АСУ процесу графітації в печах Кастнера

Перелік посилань:

1. Кузнецов Д. М. Процесс графитации углеродных материалов. Современные методы исследования: монография / Д. М. Кузнецов, В. П. Фокин. — Новочеркасск : ЮРГТУ, 2001. — 132 с.
2. Чалых Е.Ф. Оборудование электродных заводов: Учебное пособие для вузов /Е.Ф.Чалых. – М.: Металлургия, 1990. – 238с.
3. Панов Е.Н. Методика оперативного определения среднemasовой температуры керна печи графитирования Ачесона / Е.Н. Панов, А.Я. Карвакий, С.В. Лелека и др. // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2015. - № 3 – 5 (75). – С. 41-46.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ БУРУЛЬОК НА ПЛАСТИКОВИХ І ЛЬОДЯНИХ КРУГЛИХ ПОВЕРХНЯХ РІЗНОЇ ОРІЄНТАЦІЇ

Теплота кристалізації води відноситься до відновлюваних джерел енергії. Вона може використовуватись для підігрівання повітря при температурах атмосфери нижчих мінус 5 С. в системах вентиляції . опалення та теплових насосах [1, 2].

Нами запропоновані способи підігрівання повітря і акумулювання льоду, що включають використання горизонтальних, вертикальних і нахилених труб для формування льодяного блоку на огороженому горизонтальному майданчику на поверхні води чи суші [3,4] Труби слугують для попереднього охолодження і кристалізації води. Перші досліди показали, що на нахилених трубах утворюються бурульки по всій довжині труби, що дозволяє збільшити поверхню теплообміну. Крім цього, в нахиленій трубі має місце вільна конвекція морозного повітря, що додатково сприяє льодоутворенню.

Експериментальна установка забезпечувала розпилення води ударом струменя об суцільні і решітчасті поверхні (рис.1). Для використання води, що не подрібнилась при ударі, було використане спрямування води на додаткову перфоровану пластину, яка додатково збільшує поверхню теплообміну і час контакту води з повітрям. На фото (рис 2) показаний вигляд бурульок на, нахиленій під кутом 30 градусів, трубі.

У випадку використання насадок з льоду бурульки не потрібно видаляти, а вони можуть поступово обростати льодом, що формується на горизонтальній поверхні майданчика. Для досліду був виготовлений льодяний стержень діаметром 50 мм, який був встановлений під кутом 10 градусів до горизонту. На першій годині зрошення бурульки не утворювались через повне замерзання крапель за рахунок акумульованого в стержні холоду при початковій температурі мінус 9 С. На нижній твірній стержня утворювався льодяний валик, з якого росли бурульки.

Перелік посилань:

1. Пуховий І.І. та інші. Економія природного газу при заміні котлів тепловими насосами та використання теплотикристалізації води як альтернативи теплоті ґрунту взимку//*Відновлювана енергетика*. 2006. №1. С. 15-19.
2. Pukhovoy I.I. Space heating without heat pump and utilizing naturally –cold water//*Heat Transfer Research*. - 1993, V..26.W.4 pp.572-575
- 3.Пуховий І.І. Колотенко М.О. Спосіб підігрівання повітря терлотою замерзання води та акумулювання льоду на водоймах.. Пат. України на корисну модель № 118764, Опубл. 28.08.2017, МПК F25C 1/12
4. Пуховий І.І. Спосіб акумулювання льоду з розвиненою поверхнею теплообміну при використанні холодного повітря. Патт. України на кор.. модель № 122651, опубл. 25. 01.2018 р., МПК F24D 15/00

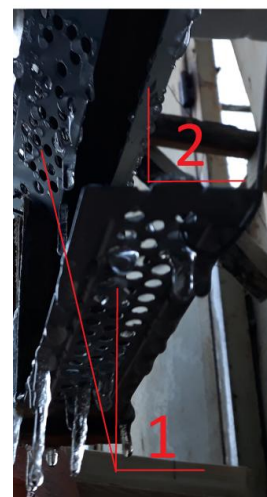


Рис. 1

- 1 - решітчаста поверхня
2 - суцільна поверхня



Рис. 2 Нахилена труба під кутом 30°

ГОЛОВНІ ОСОБЛИВОСТІ ОПАЛЕННЯ КОТЕДЖНОГО БУДИНКУ КЕРАМІЧНИМИ ЕЛЕКТРОНАГРІВАЧАМИ

Особливості опалення керамічними електронагрівачами:

1. Простота експлуатації і монтажу електричного опалення.
2. Модернізація старої електропроводки.
3. Нагрівач не впливає на якість повітря, не змінює концентрацію кисню.
4. Високий експлуатаційний ресурс.

У роботі проведено порівняльний економічний розрахунок опалення з використанням керамічних електронагрівачів та газового котла на базі котеджного будинку, план поверхів будинку зображено на рис. 1 та рис.2

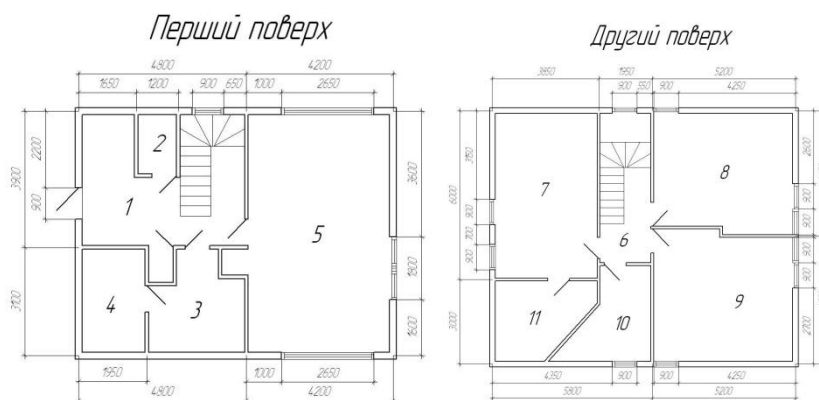


Рис.1 План першого поверху Рис. 2 План другого поверху

На підставі визначення теплових витрат розраховано річну витрату теплоти на опалення, яка становить $Q_o^{pich} = 4,845 \cdot 10^7$ кДж/рік. Кількість природного газу, яка необхідна для забезпечення даної кількості теплоти становить

$$B = \frac{Q_o^{pich}}{\eta_K Q_H^P} = \frac{4,845 \cdot 10^{10}}{0,92 \cdot 31,8 \cdot 10^6} = 1656,1 \frac{m^3}{рік},$$

його вартість становить 11522,77 грн. за весь опалювальний період. Вартість електроенергії (з встановленим двохфазним лічильником), яка буде витрачатися на опалення, становить 10093,75 грн. за весь опалювальний період.

Як видно економія за весь період буде становити 1429.02 грн. Окрім того, капітальні втрати, вартість керамічних електронагрівачів та їх монтаж є набагато дешевшим в порівнянні з газовим котлом та водяним опаленням від котла.

Перелік посилань:

1. Боженко М.Ф. Джерела тепlopостачання та споживачі теплоти [Текст]: навч. посіб. для студ. спец. «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко, В.П.Сало. - Київ: Політехніка, 2004. - 192 с. : Іл.- Бібліогр. : С. 188 -190. - 300 пр. - ISBN 966 - 622 - 156 - X (в пер.).
2. Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, від 26.02.2015 № 220.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 22.03.2017 № 187 «Про затвердження Положення про покладення спеціальних обов'язків на суб'єктів ринку природного газу для забезпечення загальносуспільних інтересів у процесі функціонування ринку природного газу»

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА АОМ ЗА РАХУНОК КОНСТРУКТИВНИХ ЗМІН

Вашій увазі пропонується нова конструкція водогрійного котла малої потужності (до 3МВт) для систем децентралізованого опалення будівель і споруд. Відмінною рисою конструкції котла є використання водогрійних труб, навитих у вигляді спіральних коаксіальних циліндрів. Таке рішення є прогресивним з точки зору технологічного виготовлення, бо вся поверхня котла стає однотипною, що суттєво знижує вартість виготовлення.

Конструктивною відмінністю опалювального агрегату АОМ нового покоління є набір універсальних спіралеподібних трубчатих поверхонь нагріву, які утворюють топкову частину котла та конвективні поверхні. Топкова частина утворюється щільно навитим спіральним теплообмінником з труби $\varnothing 57 \times 3$ з внутрішнім діаметром циліндра 800 мм (зовнішній діаметр-914 мм). Циліндр розташований горизонтально. На передньому торці встановлено пальниковий пристрій- пальник ГПМТ [2]. Торець футерований вогнетривкою сумішшю з робочою температурою до 1600 °С. Пальник встановлений у вогнетривку амбразуру, яка в свою чергу змонтована в торцевому вогнетривковому диску.

Продукти згоряння проходять по кільцевому каналу ($\Delta=37$ мм) між I та II спіралями. Оскільки канал має стінки у вигляді трубчастих витків із зміщенням витків на $\frac{1}{2}$ кроку – реалізується принцип конвективного теплообміну при поперечному омиванні шахматного пучка труб. Таким же чином останні ряди II спіралі (по ходу газів) розріджені, для можливості переходу газів в кільцевий проміжок між II та III спіралями, який дорівнює 20 мм. В хвостовій частині III спіраль коротша за II, таким чином утворюється кільцевий газохід, який з'єднується з димоходом для евакуації димових газів. Вхід мережевої води здійснюється в III спіраль з боку заднього торця, вихід – на фронтальному торці з I спіралі. Всі спіралі між собою з'єднані послідовно.

Концентрично розташовані спіральні циліндри виконують роль камери згоряння (внутрішня спіраль). Зазори між першою і другою спіралями і між другою і третьою представляють собою газоходи, якими продукти згоряння виходять з топки і евакуюються в атмосферу. Зазначені газоходи сформовані двома сусідніми спіралями, таким чином, вони представляють конвективні газоходи в яких реалізується ефективно поперечне омивання труб. Два газоходи, по яких проходять гази створюють досить розвинену конвективну поверхню, що дозволяє охолодити продукти згоряння до температури $t_{yx} = 160^{\circ}\text{C}$, що призводить до теплової ефективності котла $\eta = 93\%$ що є високим показником, в порівнянні з існуючими котлами, які експлуатуються до теперішнього часу (котли НІСТУ мають $\eta = 85\%$).

Перелік посилань:

1. Варламов Г.Б., Любчик Г.Н., Маляренко В. А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії: Підручник. – К.:ІВЦ Видавництво Політехніка, 2003.-232с.: іл.
2. Варламов Г.Б., Родінков С.Ф., Приймак К.О., Оліневич Н.В., Варламов Д.Г. Газовая горелка трубчатого типа с газовыми инжекторами. Євразійський патент № 21651 вид. 31.08.2015 року. 4 стор.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФІКА НА РОБОТУ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Нормування та відпуск теплової енергії системами центрального тепlopостачання – це надзвичайно важливе питання і температурний графік відпуску тепла є одним з основних інструментів, що мають забезпечити ефективну експлуатацію систем тепlopостачання.

Основні температурні графіки відпуску теплової енергії прийняті в Україні: 150/70 °С; 130/70 °С; 115/70 °С; 105/70 °С; 95/70 °С; 80/60 °С.

Ефективність прийнятого температурного графіка залежить від таких основних параметрів:

- теплових втрат приміщень, що опалюється;
- технічних характеристик системи опалення;
- типу встановлених опалювальних приладів;
- величини побутових теплових надходжень;

За цими температурними графіками визначаються параметри роботи систем тепlopостачання при видачі технічних умов на:

- підключення до теплових мереж;
- встановлення теплових лічильників
- встановлення індивідуальних теплових пунктів.

В той же час, ці температурні графіки фактично ніде не виконуються. Переважна більшість традиційних систем тепlopостачання працює на значно знижених, по відношенню до номінальних, температурних графіках. Для служб експлуатації – це засіб заощадження енергоресурсів, а для енергоаудиторів – привід для того, щоб відмітити відхилення від нормативних параметрів експлуатації та припустити можливість «недогрівів» приміщень та відхилень від санітарних норм.

Прийняті більше чверті століття тому температурні графіки відпуску тепла в той період відповідали технічному стану систем тепlopостачання та умовам життя суспільства, але зараз потребують коригування.

Перелік посилань:

1. Парасочка С.О. До питання температурних графіків відпуску теплової енергії традиційними системами центрального тепlopостачання [Електронний ресурс] / С.О. Парасочка // НВЦ Теплокомплект : [сайт]. – Режимдоступа: <http://tecom.com.ua/wpcontent/uploads/2016/04/tempgraf.pdf>, свободный. – Название с экрана.

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ОРЕБРЕННЯ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ТЕПЛООБМІНУ ПРИ ТЕЧІЇ РІДИНИ В ТРУБІ

З використанням програмного середовища SolidWorks 2015 проведено дослідження гідродинаміки та конвективного теплообміну при течії рідини у трубі з поздовжнім внутрішнім оребренням з різними геометричними параметрами. Була проведена перевірка на адекватність моделі в SolidWorks шляхом порівняння з аналітичним розрахунком для гладкої труби. За відомими залежностями (1, 2) для такого ж режиму як і в моделюванні ($Re > 2300$ - турбулентний режим) результати співпали, похибка $< 1\%$.

$$Re = \frac{w_m \cdot d}{\nu} > 2300 \quad (1)$$

$$\alpha_{вн} = 0,021 \cdot \frac{\lambda}{d} \cdot Re_m^{0,8} \cdot Pr_m^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_c} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_l \cdot \varepsilon_R, \quad (2)$$

Були розглянуті наступні перерізи ребер, мм: 1x1, 1x2, 1x3, 2x2, 2x3 (ширина x висота). Результати експериментів наведені в таблицях нижче.

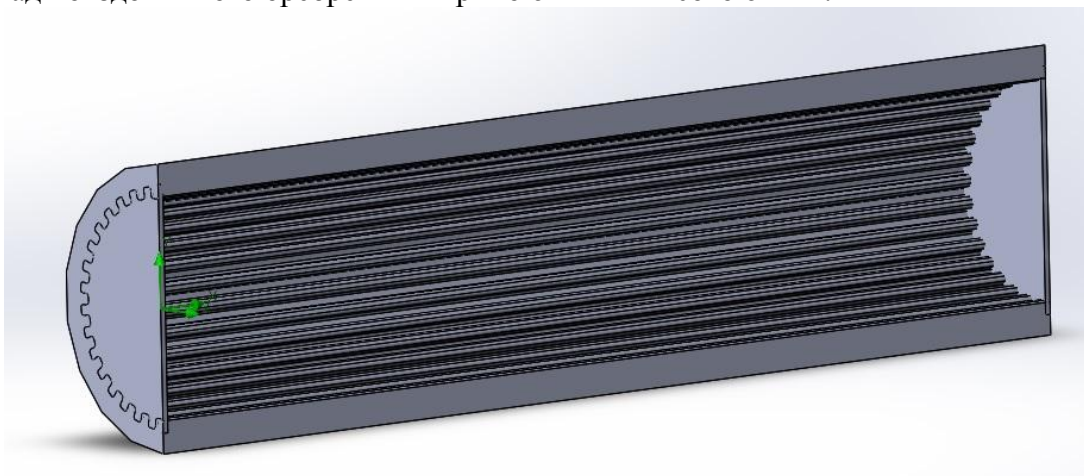
Таблиця 1 – Результати моделювання для оребленої та гладкої труб.

	гладка тр.	1x1	1x2	1x3	2x2	2x3	Ширина x висота, мм
Кор	1	1,7	2,7	3,8	1,5	2,0	Коефіцієнт оребрення
Fr	0,0065	0,0111	0,0176	0,0244	0,01	0,0131	Площа оребленої поверхні
Q	239,5	354	421,4	535,84	374,9	452	Тепловий потік, кВт
Кеф	1	1,48	1,76	2,24	1,57	1,89	Ефективний коефіцієнт ребр.
Кер	1	0,87	0,65	0,6	1,02	0,94	Коефіцієнт ефективності ребра

В таблиці: $K_{op} = \frac{F_{op}}{F_{zl}}$, $K_{ef} = \frac{Q_i}{Q_{zl}}$, $K_{ep} = \frac{K_{ef}}{K_{op}}$.

Звідки ми бачимо, що ребра 2 на 2 найкраще передають теплоту в порівнянні з іншими розглянутими видами оребрення.

Приклад поздовжнього оребрення шириною 1мм і висотою 1мм.



Перелік посилань:

1. Упражнения к пакету SolidWorks Flow Simulation 2009 на русском языке. — SW-Russia. — 7розділ.

МЕТОДИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕПЛООБМІНУ В АПАРАТАХ ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ

Серед методів інтенсифікації можна виділити три основні групи : пасивні, активні і комбіновані.

До пасивних методів (що не вимагає додаткових витрат енергії самого потоку) відносять спеціальну фізико - хімічну обробку поверхонь теплообміну , використання пристроїв, що забезпечують перемішування і закручування потоку, застосування шорстких і розвинених поверхонь, а також різних способів впливу на поверхневий натяг, у тому числі додавання в теплоносії необхідних домішок.

Активні методи інтенсифікації включають механічні дії на потік , пульсацію потоку рідини, вібрацію поверхонь теплообміну, застосування електростатичних і електромагнітних полів , вдув і відсмоктування теплоносія в прикордонному шарі.

Одночасне застосування двох і більше з цих методів представляють собою комбінований метод.

Труднощі конструктивного рішення при використанні активних методів інтенсифікації теплопередачі теплообмінних апаратів різних типів , застосовуваних у хімічній промисловості , визначили переважне використання пасивних методів .

Для потоку однофазних теплоносіїв слід виділити методи збільшення теплопередачі шляхом штучної турбулізації всього потоку і методи цілеспрямованої турбулізації пристінного шару.

Аналіз методів пасивної інтенсифікації конвективного теплообміну при вимушеному русі турбулентних потоків показує , що основне джерело інтенсифікації теплообміну в турбулентних потоках - підвищення ступеня турбулентності за рахунок відривних явищ , вихрових структур і закрутки потоку , багаторазового зміни напрямку руху та перебудови профілю швидкості , а також при введенні в потік турбулізуючих елементів .

Оребрення поверхні теплообміну, доцільне як для підвищення коефіцієнта теплопередачі, так і для зниження маси теплообмінника. Поверхня оребрення, в 5-10 разів переверщує поверхню несучих трубок, не сприймає перепад тиску між теплоносіями в трубному та міжтрубному просторах теплообмінника, а тому ребра можна виконувати з більш тонкого матеріалу, ніж стінки труб, і цим досягти значного зниження маси апарату і витрати металу.

Перелік посилань:

1. Интенсификация - конвективный теплообмен [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.ngpedia.ru/id61562p1.html>.

ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТІВ ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ НА КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЯХ НАФТОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Після компримування газу в газоперекачувальному агрегаті (ГПА), відбувається неминуче підвищення його температури, яка на виході з відцентрових нагнітачів може досягати 70°C. При транспортуванні газу по трубопроводах діаметром понад 1220 мм буде спостерігатися недостатнє його природне охолодження на шляху від однієї компресорної станції (КС) до наступної. Тому перед подачею в лінійну ділянку трубопроводу, газ піддають охолодженню.

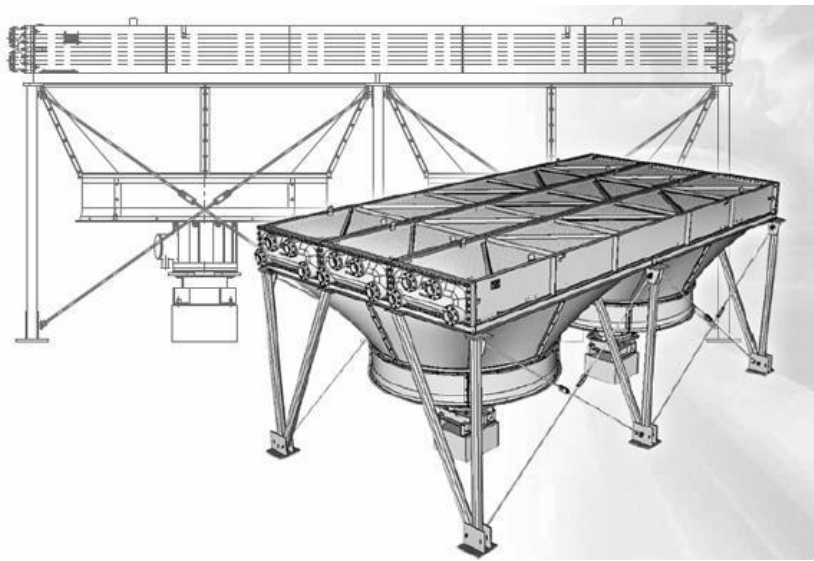


Рисунок 1 - Загальний вигляд АПО газу (обребрений теплообмінник)

Охолодження газу на КС відбувається за допомогою апаратів повітряного охолодження (АПО) газу. Ці пристрої включають в себе наступні вузли і агрегати: секції оребрених теплообмінних труб, довжиною до 12 м, вентилятори з електроприводом, дифузори і жалюзі для регулювання продуктивності повітря, несучі конструкції. АПО мають розвинені зовнішні поверхні, що характеризуються коефіцієнтом оребрення.

Вибір конкретного типу АПО є техніко-економічним завданням і виконується на основі розрахунків, які враховують особливості КС. Основу розрахунків становить визначення необхідної кількості апаратів в установці для кожного з попередньо обраних типів АПО. Кількість АПО знаходиться за результатами гідравлічного і теплового розрахунку газопроводу, виходячи із середньорічної температури повітря, ґрунту на глибині залягання трубопроводу і температури охолодження газу. Отримана кількість АПО уточнюється гідравлічним і тепловим розрахунками газопроводу для абсолютної максимальної температури повітря і липневої температури ґрунту. Максимальна температура газу на виході з АПО не повинна призводити до втрати міцності труб, та їх ізоляційного покриття.

Перелік посилань:

1. Бульгин Ю.А., Баранов С.С. Теплообменные аппараты в нефтегазовой промышленности. Воронеж, 2015.-55 с.

РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНОЇ ТЕПЛОНАСОСНОЇ СИСТЕМИ (ТНС) КОНДИЦІОНУВАННЯ ДЛЯ ПІДТРИМАННЯ КОМФОРТНИХ УМОВ В ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Системи кондиціювання житлових, громадських і виробничих приміщень є невід'ємними частинами систем забезпечення комфортних або технологічно необхідних умов в середині цих приміщень [1]. Сучасні системи кондиціювання дуже різноманітні. Спільним є призначення: створювати і підтримувати необхідні параметри повітря (температуру, відносну вологість) [1]. Підтримувати вологість повітря на оптимальному рівні - невід'ємне завдання багатьох кліматичних систем. Адже зменшена вологість негативно впливає не тільки на здоров'я і самопочуття людей, але і на умови зберігання сировини та продукції, шкодить багатьом технологічним процесам. Тому в таких приміщеннях дуже важливо проводити збільшення рівня вмісту води в повітрі, і проводити подальше підтримання вологості в приміщенні на оптимальному рівні. Існують різні методи підтримання вологовмісту на заданому рівні, одним з яких є рециркуляція частини відпрацьованого повітря, що підмішується до свіжого припливного повітря. Але в існуючих методах розрахунку систем кондиціювання коефіцієнт рециркуляції зазвичай визначається для розрахункових умов зовнішнього атмосферного повітря і приймається постійним незалежно від погодних умов. Такий підхід не дозволяє підтримувати задані параметри повітря в приміщенні в широкому діапазоні зміни параметрів атмосферного повітря. В зв'язку з цим в роботі були досліджені дві схеми: з рециркуляцією відпрацьованого повітря через конденсатор та через випарник теплового насоса (рис. 1).

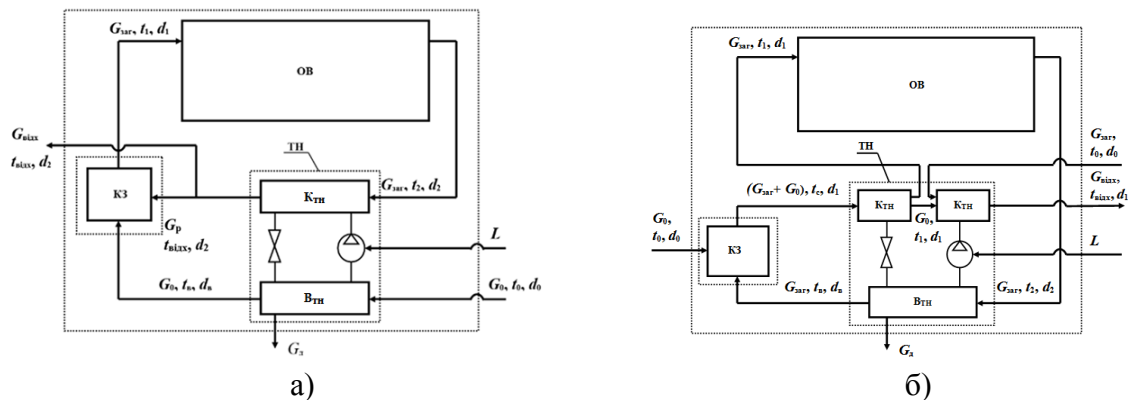


Рис. 1. Схеми ТНС кондиціювання повітря з рециркуляцією відпрацьованого повітря через: а) конденсатор ТН; б) випарник ТН: ОВ – об'єкт вентиляції; ТН – тепловий насос; КТН – конденсатор ТН; ВТН – випарник ТН; КЗ – камера змішування; L – робота приводу компресора теплового насоса.

В результаті проведеного термодинамічного аналізу було встановлено, що друга схема є ефективною, оскільки при цьому досягається більш високий холодильний коефіцієнт схеми та забезпечується її робоздатність в більш широкому діапазоні параметрів зовнішнього повітря в спекотний період року.

Перелік посилань:

1. Безродний М. К. Енергетична ефективність системи вентиляції з використанням рекуператора та теплового насоса / М. К. Безродний, М. А. Галан // 36. "Техническая теплофизика и промышленная теплотехника", Дніпропетровськ. – 2011. – № 3. – С. 5–13.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОТЕЛЕНЬ ЗА РАХУНОК УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ДИМОВИХ ГАЗІВ

В багатьох працюючих котельнях температура відхідних димових газів ($t_{\text{відх}}$) перевищує 140 °С, що призводить до зменшення ККД котлів і котельні в цілому.

ККД котла при спалюванні природного газу визначається з рівняння [1]

$$\eta_{\text{к.а}} = 1 - (q_2 + q_3 + q_5), \quad (1)$$

де q_2, q_3, q_5 – частки втрат теплоти з відхідними димовими газами, від хімічної неповноти згоряння та в навколишнє середовище від поверхневої котлоагрегату, відповідно.

Найбільш суттєвий вплив на ККД вносить величина q_2 , яка визначається за формулою, %

$$q_2 = (3,25 + 0,9 \alpha_{\text{відх}})(t_{\text{відх}} - t_3)/100, \quad (2)$$

де $\alpha_{\text{відх}}$ – коефіцієнт надлишку повітря у відхідних димових газах; t_3 – температура холодного зовнішнього повітря, °С.

Для прикладу розглянемо пароводогрійну котельню з чотирьох водогрійними котлами КВ-ГМ-6,5-150 та трьома паровими котлами ДЕ-10-14ГМ (в максимально-зимовому режимі працює два котли), розташовану в м. Києві.

За довідковими таблицями визначаємо: $t_{\text{відх}} = 153$ °С і $\eta_{\text{к.а}} = 0,911$ (водогрійні котли) та $t_{\text{відх}} = 143$ °С і $\eta_{\text{к.а}} = 0,922$ (парові котли).

Зменшення температури димових газів може бути досягнуто за рахунок встановлення теплоутилізаторів, наприклад, калориферів.

Беремо температуру димових газів після калориферів 60 °С («сухий» режим роботи); $\alpha_{\text{відх}} = 1,15$; $t_3 = t_{\text{ср.о}} = -0,1$ °С, тоді згідно з формулою (2) величина $q_2 = 2,6$ %.

При незмінних значеннях величин q_3 і q_5 ККД водогрійних котлів становитиме 0,951, парових котлів – 0,961, а середня величина для всіх встановлених в котельні котлів $\eta_{\text{ср}} = 0,954$.

За відомими співвідношеннями [2] визначали максимальний потік утилізованої в калориферах теплоти для всіх працюючих котлів, який склав 2090 кВт, а його середня величина за опалювальний період – 1000 кВт ($Q_{\text{ут.ср}}$).

Окрім підвищення ККД котельні, за рахунок утилізації теплоти димових газів в калориферах здійснюється нагрів води (сирої, хімічно підготовленої, гарячого водопостачання, і т. ін.), що призводить до зменшення витрати теплоти на нагрівання цих потоків води в котельнях без утилізації теплоти димових газів.

Економія природного газу за опалювальний період, м³, визначається з рівняння теплового балансу

$$\Delta V_{\text{г}} = Q_{\text{ут.ср}} n_0 \cdot 24 \cdot 3600 / (Q_{\text{н}}^{\text{с}} \eta_{\text{ср}}), \quad (3)$$

де n_0 – продовжуваність опалювального періоду, діб; $Q_{\text{н}}^{\text{с}}$ – нижча теплота згоряння природного газу, кДж/м³.

При $n_0 = 176$ діб (м. Київ), $Q_{\text{н}}^{\text{с}} = 37560$ кДж/м³ (газопровід Середня Азія – Центр) економія природного газу $\Delta V_{\text{г}} = 443500$ м³ за опалювальний сезон.

Перелік посилань:

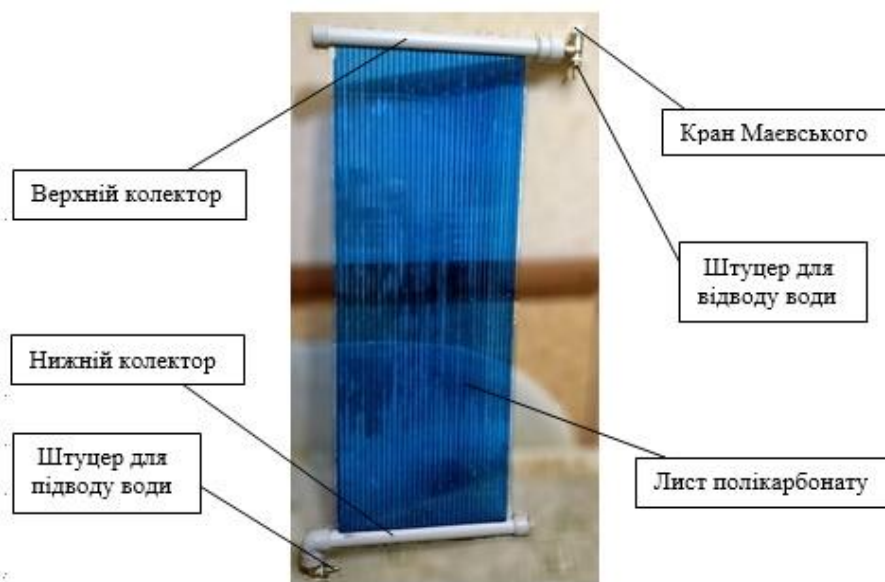
1. Зах Р.Г. Котельные установки / Р.Г Зах. – М.: Энергия, 1968. – 352 с.
2. Боженко М.Ф. Энергобережения в теплоснабжении : навч. посіб. / М.Ф. Боженко, В.П. Сало. – К. : НТУУ «КПІ», 2008. – 268 с.

СИСТЕМА ЗАХИСТУ ВІД ПЕРЕГРІВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ ВЛІТКУ ЧЕРЕЗ ВІКНА ТА ВІТРАЖІ ПАСИВНИХ СИСТЕМ СОНЯЧНОГО ОПАЛЕННЯ

Через вікна в приміщення поступає до 80 % дармової сонячної енергії, у вигляді теплоти. Для зниження температури використовують кондиціонери, які на 10 м² оселі потребують 0,3...0,5 кВт електричної потужності.

Відомий спосіб опалення та гарячого водопостачання будівель з використанням сонячної енергії та низькопотенційної теплоти води, який відрізняється тим, що абсорбер колектора, влітку встановлюють з внутрішньої сторони нерухокої зашкленої огорожі пасивної сонячної системи опалення, абсорбером в напрямку скла [1]. Недоліком способу є неестетичний вигляд колектора, затінення ним скла вікон і розміщенням зверху баком.

Ми пропонуємо забирати теплоту сонячного випромінювання водою в жарку сонячну погоду. Накопичувальний бак розміщений знизу, встановлений насос отримує живлення від фотоелектричних перетворювачів [2]. Дослідний абсорбер виконаний із сотового полікарбонату і має площу 0,33725 м². Висота і ширина абсорбера, відповідно, 950 мм і 355 мм. Розрахунки показують, що з нього можливо отримати близько 100 Вт теплоти і нагріти за 5 годин інсоляції 15...23 літри води від 20 до 40...50 °С. Воду можна використовувати для гарячого водопостачання або для підігріву води в басейні. В офісах цієї води з 1 м² достатньо для миття рук 20 співробітникам, а в житлових будинках води буде достатньо для миття посуду і душу для одного жителя. Крім того, за кожний місяць, з травня по серпень, буде збережено 150...250 кВт·год електроенергії або в середньому 800 кВт·год за сезон. Орієнтовна вартість даної кількості електроенергії (на 2017 р.), приблизно дорівнює 40 євро, відповідно, дана система може окупитися уже за 2-3 роки.



Перелік посилань:

1. Пуховий І.І., Кудря Т.С. Спосіб опалення та гарячого водопостачання будівель з використанням сонячної енергії та низькопотенційної теплоти води Пат України. на к. м. № 42421, опубліковано 10.07.2009, МПК F24J 2/42

2. 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

ДО ДРУГОГО ЗАКОНУ ТЕРМОДИНАМІКИ

Ефективне вирішення задач енергетики неможливо уявити без використання положень Другого закону. У сучасній прикладній термодинаміці Другий закон подається в кількісній формі у вигляді рівнянь ентропійного балансу. Аналіз ентропійних балансів технічних систем перетворення енергії служить основою в так званому ентропійному методі, а з урахуванням Першого закону – у ексергетичному методі.

Ентропійні баланси складаються з використанням основних вихідних положень Другого закону. Такі положення або спеціально встановлюються на основі того чи іншого обґрунтування, або безпосередньо постулюються на основі нагромадженого досвіду.

На сьогодні в більшості курсів термодинаміки основні положення ототожнюються з нерівністю Клаузіуса:

$$dS \geq \delta Q/T, \quad (1)$$

де знак рівності відноситься до оборотних процесів, а нерівності – до необоротних. З цієї нерівності випливає, що зміна ентропії dS закритої системи при протіканні в ній необоротного процесу завжди більша – алгебраїчно – ніж $\delta Q/T$ в цьому процесі. У обмеженому випадку оборотного процесу ці величини стають рівними.

Якщо ввести поняття ентропії, що передається з теплотою $\delta S_Q = \delta Q/T$, то нерівність (1) набуває вигляду:

$$dS \geq \delta S_Q \text{ і } \Delta S = S_2 - S_1 \geq S_Q. \quad (2)$$

Знак нерівності в цих залежностях показує, що зміна ентропії закритої системи протягом необоротного процесу завжди більша алгебраїчно, ніж передана з теплотою ентропія. Різниця між вказаними величинами позитивна як при $\delta Q > 0$, так і при $\delta Q < 0$. Отже, деяка кількість ентропії генерується в необоротному процесі, і ця генерація обумовлена проявом необоротності всередині системи. Створена в процесі ентропія – ентропія генерації – позначається $S_{\text{ген}}$. Тоді замість (2) можна записати:

$$dS = \delta S_Q + \delta S_{\text{ген}}, \quad \Delta S = S_2 - S_1 = S_Q + S_{\text{ген}}, \quad (3)$$

де ентропія генерації $S_{\text{ген}} \geq 0$ завжди.

Для ізольованої системи із співвідношення (3) маємо:

$$\Delta S_{\text{із}} = S_{\text{ген}} \geq 0 \text{ (ізольована система)} \quad (4)$$

Для відкритих систем в порівнянні з закритими необхідно врахувати ентропію, яка передається з речовиною δS_m , тоді замість (3) можемо записати:

$$dS = \delta S_Q + \delta S_m + \delta S_{\text{ген}}, \quad \Delta S = S_2 - S_1 = S_Q + S_m + S_{\text{ген}}. \quad (5)$$

У виразах (3) і (5) Другий закон відноситься до величини $\delta S_{\text{ген}}$. Сучасне найбільш загальне формулювання Другого закону термодинаміки має вигляд: у будь-яких системах (ізольованих, закритих чи відкритих) завжди виконується нерівність $\delta S_{\text{ген}} \geq 0$.

Існує немало способів обґрунтування Другого закону. Усі вони дають однакові кінцеві результати. Тому питання про те, який з них покласти в основу, для технічної термодинаміки перестало бути важливим. Фактично воно перейшло в область методики викладання, оскільки в кінцевому рахунку незалежно від того, який спосіб вибрано, єдиним доказом залишається експеримент, практика.

Перелік посилань:

1. Baehr H.D. Thermodynamics. Eine Einführung in die Grundlagen und ihre technischen anwendungen. Neunte Auflage. – Berlin: Springer, 1996. – 460p.

ТЕРМОДИНАМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ І СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У ТЕПЛОНАСОСНІЙ СХЕМІ ОПАЛЕННЯ

Сонячна енергія може бути додатковим джерелом для підігрівання низькотемпературного теплоносія перед випарником ТН [1]. У зв'язку з цим авторами запропонована та проаналізована принципова схема теплонасосної системи опалення з використанням теплоти попередньо підігрітого за рахунок сонячної радіації атмосферного повітря (рис. 1).

На схемі теплоносій СК проходить через змійовик контактного теплообмінника (КТО), віддаючи теплоту сонячній радіації води, яка циркулює у даному апараті. За допомогою вентилятора у КТО подається атмосферне повітря з температурою t_0 та масовою витратою $G_{п.}$. Вода, що циркулює в теплообміннику, розпилюється за допомогою форсунок у його верхній частині і підігріває повітря до температури t_1 . Підігріте атмосферне повітря надходить до випарника ТН, де воно охолоджується і на виході має температуру $t_{в.}$. Для компенсації витрат теплоти на опалення використовується тепловий потік від компресора ТН $Q_{оп}$ з температурою теплоносія $t_{к}$ на вході в систему опалення.

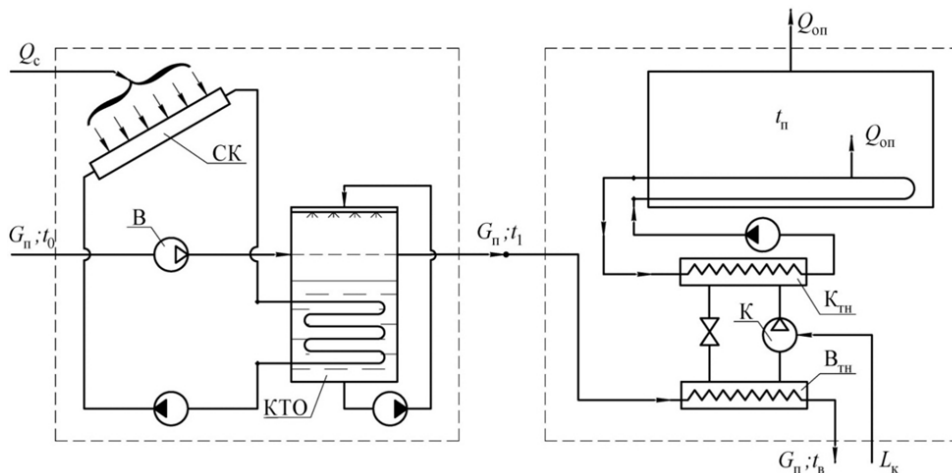


Рис. 1. Принципова схема теплонасосної системи низькотемпературного водяного опалення з використанням теплоти підігрітого за рахунок сонячної радіації атмосферного повітря:
К_{тн} – конденсатор ТН; В_{тн} – випарник ТН; К – компресор; В – вентилятор; СК – сонячний колектор;
КТО – контактний теплообмінник для підігріву атмосферного повітря.

Аналіз представленої вище схеми показав, що використання додаткового джерела теплоти (у вигляді сонячної енергії) для повітряного ТН при будь-якій температурі зовнішнього повітря приводить до збільшення температури повітря t_1 на вході до випарника ТН і це збільшення залежить від загальної потужності СК. Метою чисельного аналізу був вибір відносної теплової потужності системи СК, що забезпечує витрату теплоти на опалення в найбільш холодний період, тобто при розрахунковій температурі атмосферного повітря, а також інших параметрів теплонасосної схеми, що характеризують ефективність її роботи. У результаті розрахунків були отримані графічні залежності з зображенням максимальних значень відносної потужності СК, що повністю забезпечують потреби теплоти на опалення в розрахунковий період.

Перелік посилань:

1. Безродний М. К. Теплові насоси та їх використання [Текст] : навч. посіб. / М. К. Безродний, І. І. Пуховий, Д. С. Кутра. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 312 с.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ДЛЯ ГЛИБОКОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ КОТЛІВ

Теплові насоси використовуються для перетворення низько потенційної поновлюваної енергії природних джерел теплоти або низькотемпературних вторинних енергоресурсів на енергію більш високого потенціалу, придатну для практичного використання [1]. У зв'язку з цим автором запропонована та проаналізована принципова схема утилізації низькотемпературної скидної теплоти відхідних газів котла за допомогою теплового насоса (рис. 1).

Димові гази від котла з температурою $t_{в.г.}^k$ надходять в контактний теплообмінник, в якому продукти згорання охолоджуються до температури $t_{в.г.}$ і скидаються в атмосферу через димову трубу. В контактному теплообміннику в результаті охолодження відхідних газів і за рахунок теплоти конденсації водяної пари, яка утворилась в димових газах під час згорання палива, вода підігрівається і надходить до випарника ТН, де вона охолоджується і знову подається до утилізатора. Підігріта в конденсаторі теплового насоса до температури t_k мережна вода подається в систему тепlopостачання.

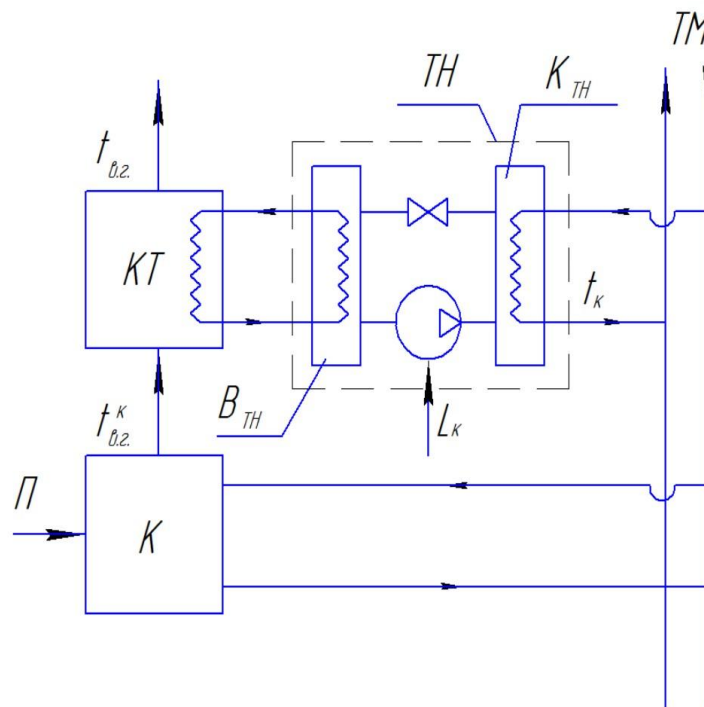


Рис. 1. Принципова схема утилізації низькотемпературної скидної теплоти відхідних газів котла за допомогою теплового насоса:
К – котел; КТ – контактний теплообмінник; П – паливо; ТН – тепловий насос;
В_{тн} – випарник ТН; К_{тн} – конденсатор ТН; ТМ – теплова мережа.

Використання ТН дає змогу здійснювати глибоке охолодження продуктів згорання та утилізувати теплоту конденсації водяної пари з відхідних газів, що у свою чергу сприяє збільшенню виробництва теплоти й ефективності використання теплоти палива.

Перелік посилань:

1. Безродний М.К. Термодинамічна та енергетична ефективність теплонасосних схем тепlopостачання / М.К. Безродний, Н.О. Притула. – К.:НТУУ «КПІ», 2016. – 272 с.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ: ПРОБЛЕМА ЯКОСТІ ЕНЕРГІЇ

Робота присвячена науковому обґрунтуванню на сучасному рівні термодинамічних основ енергозбереження, зокрема в будівлях.

Показано, що для успішного проведення енергозберігаючої політики суттєво важливим є науковий аналіз всієї послідовності енергетичних перетворень в системах теплопостачання на основі енергетичного і ексергетичного підходу. Для обґрунтованого використання підходів проаналізовано значення терміну «енергія», а саме фізична величина і рух (форма руху). Такі значення терміну «енергія» приводить до поєднання в ньому двох термодинамічних характеристик: кількості (стала величина) і якості (змінна властивість). Основною якісною характеристикою енергії являється її здатність до перетворень.

Встановлено, що врахування кількісної характеристики, як це має місце в енергетичному підході, необхідно, але недостатньо для вирішення задач економії палива.

Показано, що якість енергії встановлюється Другим законом термодинаміки і пов'язана з таким явищем як дисипація (розсіювання) енергії. Саме дисипація приводить до таких змін енергії, які не піддаються самовідновленню і породжують необоротність перетворення енергії і, як наслідок, необоротність термодинамічних процесів. В процесі дисипації кількість енергії зберігається, але її якість погіршується, енергія обезцінюється, деградує. Розглянуто можливі кількісні міри якості енергії. Найбільш природний і зручний стандарт якості енергії – ексергія, описано способи її визначення із застосуванням енергетичного і ентропійного балансів.

Підкреслено, що збереження енергії - це по суті збереження її якості, мірою якої є ексергія. Ексергетичний баланс можна розглядати як закон деградації, обезцінювання енергії.

Викладено основні принципи зменшення втрат енергії в системах теплопостачання будівель.

Як приклад, виконано енергетичний та ексергетичний аналіз опалювальної котельні. Зроблено висновок, що одержання низькотемпературної теплоти шляхом спалювання палива термодинамічно недоцільно.

Доведено, що для техніки, зокрема енергетики, важлива не енергія загалом, оскільки вона зберігається і ніколи не втрачається, а ексергія. Визначення раціональних шляхів її вироблення, транспортування, використання і збереження в будь-якій технології - це основна мета інженерного аналізу і розрахунку енергоперетворюючих процесів і систем. Без врахування якості енергії неможливо вирішувати задачі економної витрати енергетичних і матеріальних ресурсів.

Перелік посилань:

1. Эткинс П. Порядок и беспорядок в природе. – М. Мир, 1987. – 224 с.
2. Бродянский В.М. Энергия: проблема качества. Наука и жизнь. – 1982. – №3. – с. 88-95.

СИСТЕМА ТЕПЛОНАСОСНОГО ОПАЛЕННЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄ ТЕПЛОТУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА СТІЧНИХ ВОД БУДИНКУ, ЇЇ ТЕРМОДИНАМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

На жаль, рівень використання теплонасосних систем в Україні, в тому числі і систем з використанням теплоти атмосферного повітря, з цілого ряду причин залишається незадовільним і однією з таких причин є несприятливі кліматичні умови. В цих умовах використання повітряних теплових насосів має низьку енергетичну ефективність [1], що для задоволення потреб теплопостачання потребує додаткових джерел енергії. В зв'язку з викладеним набуває актуальності розробка і дослідження термодинамічної або енергетичної ефективності комбінованих теплонасосних систем теплопостачання з використанням декількох низькотемпературних джерел енергії.

Прийнято рішення про використання в якості додаткового джерела теплоти стічні води будівлі. Принципова схема (рис. 1) в порівнянні з вихідною [2] має додатковий теплообмінник, в якому теплота відбирається від умовно-чистих стічних вод будівлі і передається теплоносію нижнього контуру ТНС опалення (повітря).

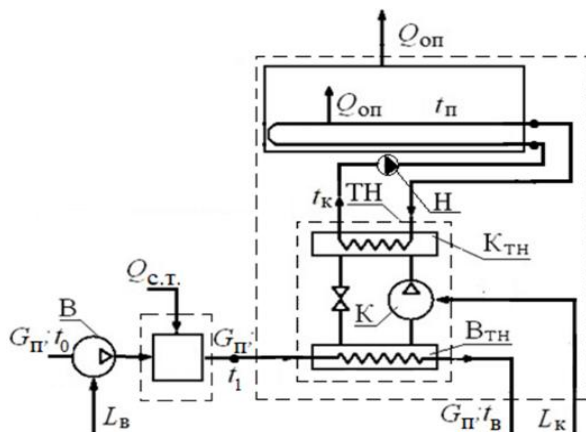


Рис. 1. Принципова схема комбінованої теплонасосної системи низькотемпературного водяного опалення з використанням теплоти атмосферного повітря та стічних вод: ОП – опалюване приміщення, ТН – тепловий насос, $K_{ТН}$ – конденсатор ТН, $B_{ТН}$ – випарник ТН, К – компресор, Н – насос, $ТО_{св}$ – теплообмінник стічних вод, $L_к$ – робота приводу компресора ТН, $L_н$ – робота приводу насоса, $L_в$ – робота вентилятора.

Використання додаткового джерела теплоти для ТН схеми теплопостачання з використанням атмосферного повітря як нижнього джерела суттєво покращує умови експлуатації всієї системи, збільшуючи температуру теплоносія на вході до випарника ТН, в деяких випадках з від'ємного до додатного значення, що є суттєвою перевагою для використання ТН в умовах українського клімату. При залученні додаткового джерела – теплоти стічних вод – дана система опалення використовує температурний потенціал, який раніше скидався в навколишнє середовище. Використання такого підходу є кроком до безвідходності та енергоефективності системи. Використання даного підходу в ТН схемах опалення суттєво знижує сумарні питомі затрати зовнішньої енергії, за рахунок чого можна зменшити як стартові капітальні затрати на систему ТН опалення, так і експлуатаційні затрати протягом використання даної системи.

Перелік посилань:

1. Гершкович, В. Ф. Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами [Текст] / В. Ф. Гершкович. – К.: Украинская Академия Архитектуры ЧП “Энергомимум”, 2009. – 60 с.
2. Безродний М. К. Термодинамічна та енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання: монографія / М. К. Безродний, Н. О. Притула. – К.: НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2016. – 272с.

АКУМУЛЯТОР ХОЛОДУ

З кожним днем все актуальніше стає проблема використання традиційних джерел енергії для опалення та холодопостачання. На даний момент головні світові тенденції енергетики спрямовані на розвиток альтернативних джерел енергії: сонця, води, повітря.

Одним із методів зниження витрат палива та зменшення викидів шкідливих речовин є використання розсільно-водяного теплового насосу в поєднанні з сонячним абсорбером та акумулятором холоду, що виступає в якості первинного джерела енергії.

Установка (рис.) містить сонячний колектор 1, сонячний абсорбер 4, розсільно-водяний насос 5, акумулятор холоду 6, який повністю занурений в ґрунт і наповнений водою [1].

Необхідний об'єм води розраховується за тепло- і холодопродуктивністю. Наприклад, для теплової потужності 10 кВт необхідний об'єм води становить біля 12 м³. Кількість енергії, що утворюється при охолодженні води дорівнює 1,163 Вт·год / (кг · К). У разі замерзання води тепловий насос може додатково використовувати енергію теплоти кристалізації. Утворена при цьому кількість енергії дорівнює 93 Вт·год / кг, що дозволить нагріти воду від 0 до 80°C.

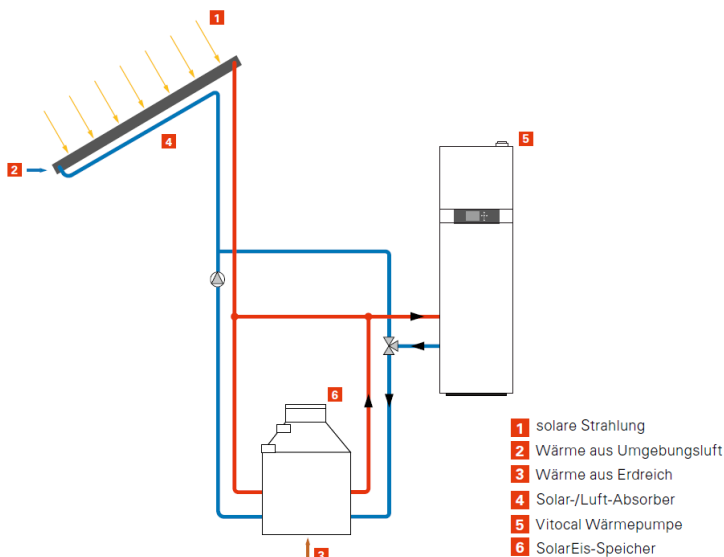


Рис. Схема установки з акумулятором холоду

У літній період можливе використання накопичувача холоду для охолодження приміщень. Для цього в кінці опалювального сезону з максимальною потужністю відбувається відбір теплоти з акумулятора холоду. Опалення тепловим насосом в даному випадку регулюється за допомогою інтелектуальної системи управління. Таким чином, утворений лід використовується в літній період як «natural cooling». У цей момент відбувається вторинна регенерація системи: теплота, що відбирається із приміщення, розтоплює лід, при цьому

відбувається акумуляція теплової енергії на зимовий період [2].

Виконані розрахунки для офісної будівлі при тепловому навантаженні на опалення в холодний період $Q_{оп.}=489$ кВт та охолоджуючій потужності на кондиціонування в теплий період $Q_{хол.}=300$ кВт показали, що на 1 кВт витраченої електричної енергії можна отримати 5,86 кВт теплоти і холоду. Експлуатаційні витрати для даної установки при порівнянні з системою опалення на базі електродкотла та з компресійною холодильною установкою у 2,6 рази менше. Але при врахуванні капіталовкладень на спорудження установки з акумулятором холоду термін їх окупності може перевищити нормативний.

Однак, можливість одночасного вироблення на одному і тому ж обладнанні теплоти і холоду, є перспективним напрямком у розвитку теплоенергетики.

Перелік посилань

1. <https://www.viessmann.de/de/wohngebaeude/waermepumpe/eis-energiespeicher/eis-energiespeicher-systeme-grossanlagen.html>
2. <http://www.mhk-regenerativ.de/eisspeicher.html>

ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ОТРИМАННЯ ЛЬОДУ В БЛОКАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИРОДНОГО АБО ШТУЧНОГО ХОЛОДУ

Природний лід є джерелом холоду влітку, а його виробництво відбувається за рахунок холоду, що проникає з Космосу і є відновлюваним джерелом енергії. В Космосі температура є близько 2 градусів по Кельвіну.

Для зручності акумулювання льоду, як акумулятора холоду з зими на літо чи з ночі на день (при використанні нічного тарифу на електроенергію) лід краще виробляти блоками. Які з піддонами можуть транспортуватись електрокарами до місця споживання. Такі блоки можливо виготовляти відомим методом пошарового заморожування, коли на поверхню води наливають періодично воду невеликим шаром [1], а поверхню обмежують щитами. В атмосферних умовах таким чином можна в Україні наморозити 0,4 – 0,6 м льоду за зиму при умові його ізолювання від повітря і відлиги.

Для збільшення поверхні теплообміну ми запропонували зробити льодяний блок з горизонтальними трубами. Труби встановлюють на огороженому майданчику в атмосфері горизонтальними ярусами на рівних відстанях, труби кожного наступного ярусу зміщують по горизонталі паралельно попереднім, утворюючи шахматний трубний пучок. Труби розміщують горизонтально. Продувають через них повітря [2], але тепловіддача від труби до повітря лежить в межах 8 – 20 Вт/кв.м. К, тому труби можна розглядати більше як зручність при розрізанні блока і розрядці акумулятора.

В якості горизонтальних насадок в дослідах ми використали льодяні стержні розташовані центрами на висотах 250мм, 500мм, 750мм, які поступово, при їх зрошенні водою, будуть занурюватися в лід. Стержні закріплені в льодяних трубних дошках, які з двох сторін служать огороженням площі блока, що заповнюється льодом. Інші 2 сторони можна обмежити навіть поліетиленовою плівкою, враховуючи невеликий шар води на поверхні льоду. На фото 1 показана конструкція акумулятора з двома трубними решітками і двома вертикальними рядами труб чи стержнів.



фото 1



фото 2

На фото 2 видно утворення бурульок внизу льодяних стержнів. На стержнях діаметром 100 мм бурульки формувались двома - трьома рядами з відстанню біля 10 мм. Зрошення водою відбувалось через отвір в посудині. Струмień води ударявся об горизонтальну Т-подібного перерізу дерев'яну планку шириною 100мм до якої прикріплена с низу по центру брусок розміром 70 мм на 50 мм, довшою стороною по вертикалі. І з планки вода крапала на три послідовно розміщених по вертикалі стержнів. Середня температура під час дослідів була мінус 8 С.

1. Инновации бизнеса - www.ideasandmoney.ru/Details/
2. Пуховий І.І. Спосіб локального підігрівання повітря в акумуляторах природного льоду.. Патент України на корисну модель №119710 . Опубліковано: 10.10.2017 р. МПК: F24D 15/00

ПРОБЛЕМА ЗАХОРОНЕННЯ СМІТТЯ (ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ) В УКРАЇНІ

Проблема захоронення сміття (ТПВ) міст і містечок України надзвичайно актуальна. Особливо зараз. Згадаймо цю проблему стосовно Львова.

Традиційно раніше ТПВ, як продукти життєдіяльності городян, скидалися на смітники (така схема "знешкодження" сміття до сих пір реалізується в усіх селах та селищах нашої країни). З такими об'єктами зазвичай пов'язується сила проблем, основними з яких є наступні: вони є розсадниками гризунів та птахів; забруднюють водойми або підземні води так званім "фільтратом" - доволі токсичною рідиною, яка формується в надрах смітника; можуть самозайматися (історія з пожежою на сміттєзвалищі у Львові); вітер може здувати з них сміття і т.п.

В кінці 50-х на початку 60-х років біля великих міст починають застосовуватись так звані "полігони" (рис. 1) - 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

показала, що основні недоліки смітників (забруднювання водойм фільтратом та самозаймання) залишилися актуальною і для них.

В літературних джерелах [1] наводяться приклади експлуатації так званіх санітарних полігонів ТПВ, котрі особливо широко стали використовуватись останнім часом в економічно розвинутих країнах і принципова схема яких наведена в доповіді.

Відмічені вище недоліки звичайних полігонів усуваються за рахунок відведення біогазу, що утворюється в надрах звалища в результаті анаеробного бродіння при нестачі кисню та за рахунок гідротехнічних споруд, що мінімізують



Рис. 1. Схема полігону.

попадання дощових стоків і по- на полігон, а також збір і відведення фільтрату з нижньої частини захоронення на його переробку.

Відмітимо, що суттєві капіталовкладення у вирішення проблеми захоронення сміття в Україні зачіпають не тільки полігони ТПВ, а і заходи та установки сепарації окремих компонентів ТПВ. На санітарні полігони повинні надходити виключно органічні речовини. 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.

УДК 697.912.

Студент 4 курсу гр.ТП-41 Лимонченко А.Р.
Доц., к.т.н. Боженко М.Ф., інж. Ляпкін А.Є.

ВИСОКОЕФЕКТИВНІ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕПЛО- І ВОЛОГІСНОГО ОБРОБЛЕННЯ ПОВІТРЯ

Для підтримання необхідних параметрів повітря у приміщеннях житлових, громадських і промислових будівель (температури, відносної вологості, рухомості, чистоти і т.ін) в системах кондиціонування повітря використовуються місцеві кондиціонери (автономні або неавтономні) та центральні. Місцеві системи кондиціонування використовують у житлових та невеликих громадських будівлях, а центральні - в великих громадських та промислових будівлях.

Єдиним виробником центральних кондиціонерів в Україні був завод Інтеркондиціонер (м.Харків), який поставляв кондиціонери типу КТЦ-3м повітропродуктивністю 10...250 тис. м³/год.

Сьогодні випуск подібних кондиціонерів повітропродуктивністю 10...80 тис м³/год та місцевих установок повітропродуктивністю 400..1100 м³/год здійснює ТОВ "Пухівський вентиляційний завод".

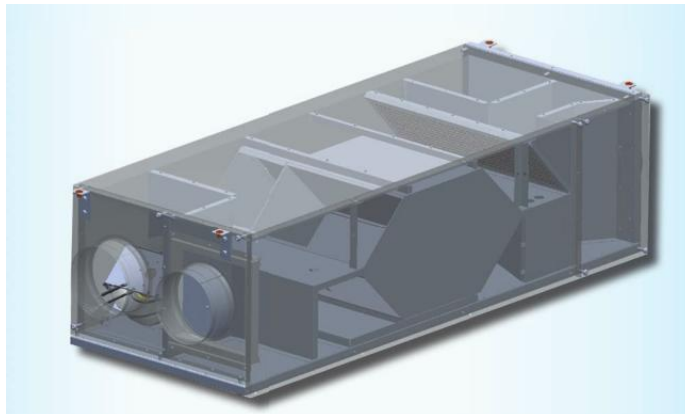
Розглянемо, наприклад, конструкцію підвісних каркасних моноблочних припливно-витяжних установок з утилізацією теплоти серії МС, які відносяться до місцевих систем кондиціонування повітря.

Пристрої можуть застосовуватися у середині приміщень при температурі внутрішнього повітря в межах 0..40 °С і відносній вологості до 80%. Робочий температурний діапазон зовнішнього повітря - від мінус 25 до 40 °С

Такий тип установок ідеально підходить для створення комфортних санітарно-гігієнічних умов в невеликих магазинах, кафе, ресторанах, спортивних залах, школах, дитячих садочках і т.ін.

До складу установки (див.рис.) входять [1]:

- вискоефективний протитечійний алюмінієвий пластинчатий рекуператор;
- байпас утилізатора з приводом;
- повітряний фільтр (припливний і витяжний);
- ЕС вентилятор (припливний і витяжний);
- електрокалорифер (або водяний зміювик);
- комплект гнучких вставок;
- комплект автоматики;
- комплект зворотних клапанів.



Перелік посилань:

1. Сайт з інтернету www.pvz.com.ua.

УДК 621.577

Студент 4 курсу, гр. ТП-42 Лю Я..
Доц., к.т.н. Барабаш П.О.

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ЯВИЩА ТА ЇХ ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ

Майже 200 років назад були відкриті декілька фізичних ефектів, які отримали узагальнену назву: термоелектричні явища [1]. Ці ефекти пов'язані з іменами німецького фізика Зеебека, французького годинникаря Пельтьє, та англійського фізика Томсона. В подальшому виявлені термоелектричні ефекти отримали назви: ефект Зеебека, ефект Пельтьє, ефект Томсона. Спільним для цих ефектів є зв'язок між електричними процесами у електричному ланцюгу із різних провідників та тепловими явищами у системі, утвореній складовими цього ланцюга.

Екзотичні (на початку їх вивчення) термоелектричні явища, зацікавили не тільки вчених (наприклад, в Україні створено інститут термоелектрики НАН України), а й в подальшому знайшли широке використання в практичній діяльності.

Основними напрямками використання термоелектричних явищ в інженерній практиці є наступні:

Теплометрія, яка використовує ефект Зеебека для вимірювання температури і теплових потоків. Термопар, що використовуються для цього, мають ряд переваг в порівнянні з іншими термометрами, а саме: мають велику чутливість і малу інерційність, дозволяють проводити вимірювання в широкому інтервалі температур, зручні при дистанційних вимірюваннях і цифровій фіксації результатів вимірювання за допомогою комп'ютерної техніки.

Трансформація теплової енергії, яка використовує ефект Пельтьє. Розроблені на основі ефект Пельтьє пристрої (Рисунок 1) не мають елементів і вузлів з рухомими деталями, що гарантує високу надійність та працездатність в широкому діапазоні температур, при гравітаційних перевантаженнях і при невагомості. В зв'язку з чим ці пристрої широко використовуються при охолодженні електронних приладів, на транспорті, в авіації та космонавтиці.



Рисунок 1 – Термоелектричний трансформатор тепла системи регенерації води пілотованого космічного апарату

Перелік посилань:

1.Цветков Ю.Н. Аксенов С.С. , Шульман В.М.Судовые термоэлектрические охлаждающие устройства. Л.Судостение , 1972,192с.

УДК 628.54 (075.8)

Студент 4 курсу, гр. ТП-41 Магдич В.П.
Ст.викл. Голяд М.Н.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ (ТПВ) В УКРАЇНІ

Згідно статистичних даних в Україні 4157 паспортизованих полігонів ТПВ площею 7400 га. Також 3298 несанкціонованих полігонів. Їхня загальна площа дорівнює площі Кіпра.

Ці землі, на жаль, не можуть бути рекультивовані через практичну відсутність сепарації ТПВ як у індивідуального споживача, так і централізовано (немає сміттєпереробних заводів, діють 15 офіційних та 60 нелегальних сортувальних ліній; тільки ~ 40% в складі ТПВ складають органічні речовини).

	ТПВ на полігони, %	Спалювання ТПВ, %
Японія	30	65
Германія	70	20
Швейцарія	25	20
США	73	15
Великобр.	90	-
Україна	95	5

В таблиці [1] наведена характерна структура знешкодження ТПВ в деяких державах. Помітно, що лівова частка ТПВ, наприклад, в 4-х перших країнах знешкоджується термічним способом шляхом спалювання ТПВ як палива в топках спеціальних котлів. Таке паливо має специфічні властивості та склад: високу вологу (до 65%) та широке розмаїття компонентів (чорні, кольорові, важкі метали, будівельний матеріал, бите скло,

пластмасу, в'язкі речовини, що гниють і т.п.). Теплота згоряння ТПВ змінюється від 3350 до 7120 кДж/кг (800-1700 ккал/кг) через що, для створення необхідних температурних умов для знешкодження шкідливих речовин у вихідних газах, в топку додається природний газ або мазут. Річні витрати додаткового палива складають 4-6% від витрат ТПВ, що спалюються.

Отримана в цих котлах теплота утилізується, а зола та шлаки використовуються для виготовлення облицювальних склоплит та різних наповнювачів для будіндустрії. Метал, що знаходиться в рідкому стані на дні шлакової ванни в кількості 25 кг/(т. ТПВ), випускають в форми для злитків, які здаються підприємствам Вторсировини. Спалювання ТПВ відбувається при $T \geq 850^{\circ}C$ для мінімального утворення шкідливих речовин.

Зупинимося на особливо небезпечних діоксині та фурані, що виділяються при спалюванні ТПВ і через що численні природоохоронні організації були категорично проти термічного знешкодження ТПВ. Встановлено [1], що якщо після спалювання ТПВ димові гази будуть знаходитися на протязі не менш 2 с при $T \geq 850^{\circ}C$, то діоксини і фурани практично не утворюються через розкладання складних хлор-, фтор- та вуглевоневих з'єднань в нейтральні речовини.

Наприкінці відмітимо, що в Україні є 2 сміттєспалювальних заводи: в Києві та Дніпрі, запущених в 1986 р. Експлуатація першого подовжена на 12 років, другий - в стадії закриття.

Перелік посилань:

1. Матросов, А. С. Проблемы санитарной очистки города Москвы [Текст] // Известия Академии промышленной экологии. 1997. – № 1. – С.10 – 12.

УДК 620.197.1

Студент 4 курсу, гр. ТП-41 Майстренко О.О.
Проф., д.т.н. Безродний М.К.

КОНСЕРВУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ МЕТОДОМ ПРОДУВКИ СУХИМ ПОВІТРЯМ

Сучасна економіка та виробництво України перебувають у занепаді. У зв'язку з цим, споживання та попит на електричну та теплову енергію є значно нижчим, ніж той рівень, на який розраховані та створені енергогенеруючі комплекси України. Виходячи з даних умов, а також через недостатнє забезпечення паливом енергетичних підприємств, частина енергогенеруючої потужності не працює та виводиться в резерв.

У випадку відсутності заходів консервування, обладнання кородує, погіршуються його характеристики. При довготривалій корозії неможливе подальше використання обладнання без кошторисних ремонтних робіт та заміни деталей обладнання. Суми витрат, для енергоблоку потужністю 300 МВт, досягають декількох мільйонів грн. на рік. Для збереження обладнання та можливості його майбутнього використання, необхідні спеціальні заходи для ефективного консервування енергоустановок.

Завдання полягає у ефективній консервації теплообмінних поверхонь котла, трубопроводів, запірної арматури, турбіни та конденсатора і захисту їх від руйнівної дії корозії.

Наразі існує декілька способів консервації енергетичного обладнання. Одним з них є утворення захисної хімічної плівки на теплообмінних поверхнях та трубопроводах, яка захищає від корозії. Даний метод є не достатньо ефективним, тому що захисна дія плівки знижується з часом, а якщо вона пошкоджується, то захисна дія плівки зникає. Оскільки використовуються хімічно отруйні речовини, то потрібні спеціальні заходи безпеки. При такому консервуванні є необхідним постійний моніторинг концентрації хімічних речовин у самому об'єкті консервування, а також, в обов'язковому порядку, у повітрі навколо нього, де знаходиться обслуговуючий персонал.

Існує інший спосіб консервації обладнання- продувка сухим повітрям. При даному способі консервації теплоенергетичне обладнання продувається сухим повітрям, яке випаровує залишки вологи і видаляє її. Ця технологія відмінно зарекомендувала себе при консервації військової техніки, технологічного обладнання і енергетичного устаткування у зарубіжних країнах. Даний метод є надзвичайно ефективним, при відносно невисоких поточних витратах, дозволяє вивести будь-яке обладнання в резерв. Устаткування, придбане один раз, використовується довготривало, на відміну від хімічного способу, коли на кожний об'єкт консервування необхідні високі капіталовкладення та долучення спеціалізованих компаній. Дане рішення є набагато безпечнішим, оскільки робочим тілом є сухе повітря, яке отримується у адсорбційних осушувачах повітря. Дане промислове обладнання, на даний момент, є найбільш досконалим та енергоефективним. Для осушення котла марки ТПП-210А, на Зміївській ТЕС, був застосований роторний осушувач MDC5000. Виведення котла в консервацію зайняло 13,5 діб. Після консервування обладнання в будь-який момент готове до введення в експлуатацію, а час діагностики та запуску скорочується.

Отже, технологія консервування енергетичного обладнання методом продувки сухим повітрям на даний момент є найефективнішою в економічному та екологічному планах і є безпечною для працівників.

1.Таран М.А. Водоподготовка и водно-химические режимы в теплоэнергетике.- Москва,2005- 165с.

2. РД 34.20.591-97 «Методические указания по консервации теплоэнергетического оборудования»

3. <http://destech.eu/ru/>

Студент 4 курсу, гр. ТП-41 Маркулан Е.В.
Доц., к.т.н. Гавриш А.С.

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ КОТЕЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВДНГ В М. КИЄВІ.

В системах централізованого теплопостачання джерелами теплоти є великі котельні, які мають високий коефіцієнт корисної дії (ККД). Одним з прикладів таких об'єктів є твердопаливна котельня в м. Київ, на Виставці досягнень народного господарства (ВДНГ). В твердопаливній котельній установці наявна велика кількість теплотехнічного обладнання. На увагу заслуговують насоси, мембранні розширювальні баки, фільтри сітчасті фланцеві чавунні та інше. Елементи цього обладнання піддаються корозійним та ерозійним процесам. Вони потребують періодичного догляду, відповідного покриття, або фарбування, контролю, відновлення та таке інше. Дана котельня призначена для обслуговування виставкового комплексу, прибудови головного корпусу, покриває навантаження власних потреб та інше. В даний час назріло питання реконструкції цього об'єкту, при чому одним з наріжних питань є захист теплообмінних поверхонь.

Корозія металу знижує довговічність та надійність металевих конструкцій. Продукти корозії у вигляді оксидів металів накопичуються на поверхні металевих конструкцій, що призводить до погіршення їх зовнішнього вигляду, подальшого посилення негативних тенденцій і перешкоджає нанесенню захисних покриттів. До сучасних речовин, які здатні створити захисне покриття відносять наприклад продукцію з маркою Дінітрол, Дюралюб, Тектил та інше.

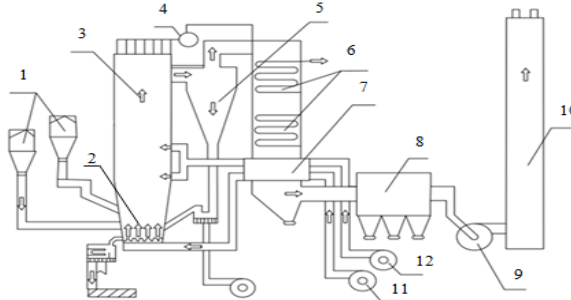
Переважна частина продукції з маркою DINITROL може бути використана для комплексної задачі захисту робочих поверхонь й інтенсифікації теплообмінних процесів в різних галузях суспільного виробництва. Тектил - універсальний антикорозійний засіб, який не тільки захищає від корозії, але і призупиняє або припиняє її розвиток. Тектил-122-А - це тиксотропна речовина на бітумній основі, призначений для захисту зовнішніх поверхонь, схильних до механічних впливів. Речовини "Дюралюб SR3" призначені для використання при екстремальних навантаженнях і температурах в техніці з метою забезпечення довготривалого антифрикційного ефекту і захисту від корозії, іржі та вологи. Покриття на основі таких речовин мають чудову механічну стабільність, стійкість при екстремальних температурах і здатні забезпечити захист від іржі і корозії.

Використання сучасних покриттів робочих поверхонь дозволяє мінімізувати негативний вплив корозійно-ерозійних процесів, подовжити терміни міжрегламентних робіт та інтенсифікувати теплообмінні процеси.

Студент 4 курсу, гр. ТП-41 Мухін М.С.
Проф., д.т.н. Варламов Г.Б.

ОСНОВНІ ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕВЕДЕННЯ ВУГІЛЬНОГО КОТЛА НА СПАЛЮВАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Робота присвячена комплексному аналізу і визначенню особливостей переведення вугільного парового котла типу JG 35-3.82-M на спалювання природного газу з метою підвищення його енергетичної ефективності та рівня екологічної чистоти енерговиробництва у складі промислової ТЕЦ потужністю 6 МВт. При спалюванні вугілля 5,4 т/год котел генерує водяну пару номінальним тиском 3,82 МПа, температурою 450°C з паропродуктивністю 35 т/год. На рис. представлена технологічна схема котельної установки.



При переведенні котла на спалювання природного газу зникає необхідність використання бункера вугільного пилу 1 та зололовлювача 8. Останній може бути використаний для контактної очистки димових газів та підвищення температури живильної води, яка подається у водяний економайзер 6. Головний циклон 5 котла може виконувати функції регенератора та доспалювання горючих елементів димових газів після топки котла за рахунок часткової подачі їх у пальникову систему 2.

В роботі визначено тепловий баланс котла [1] з обрахунком теплової потужності на вугіллі з метою розрахунку витрати природного газу, яка становить 2800 м³/год. При цьому теплотворна здатність вугілля приймалася для кам'яного вугілля 21360 кДж/кг, а природного газу 45,75 МДж/кг. В роботі проведено також обрахунок процесу спалювання вугілля та природного газу. Спалювання природного газу було заплановано з використанням мікрофакельної технології газоспалювання (МТС-технологія), що розроблена ННЦ «ЕКОТЕЗ» КПІ ім. Ігоря Сікорського [2]. За підсумками загальних досліджень визначено збільшення ККД котла [3] з 82 до 94,4 % з одночасним зменшенням концентрації шкідливих речовин [4]: для оксидів азоту NO_x - з 116 г/ГДж (для вугілля) до 68,1 г/ГДж (для природного газу), для діоксиду вуглецю CO₂ - з 94188 г/ГДж до 59374 г/ГДж, для діоксиду сірки SO₂ - з 2341 г/ГДж до 0, для пилу - з 110,8 г/ГДж до 0 відповідно.

Отримані дані свідчать про високу ефективність переведення вугільного на спалювання природного газу. У наступній роботі запланована детальна проробка техніко-економічного обґрунтування такої реконструкції парового енергетичного котла з використанням МТС-технології спалювання природного газу.

1. Компоновка и тепловой расчет парового котла: Учеб. пособие для вузов/ Ю.М. Липов, Ю.Ф. Самойлов, Т.В. Виленский. - М.: Энергоатомиздат, 1988. – 208 с.
2. Варламов Г.Б., Приймак К.О., Варламов Д.Г. Спосіб уніфікованого трубчастого спалювання газоподібного палива. Патент України на корисну модель, № 87785, 25.02.2014 р., бюл. № 4, 4 стор.
3. Равич М. В. Эффективность использования топлива / М. Б. Равич. – М. : Наука, 1977.
4. ГКД 34.02.305-2002. Викиди забруднюючих речовин в атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. – К: Мінпаливенерго, 2002.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛОМЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ЗМІЇВСЬКОЇ ПАПЕРОВОЇ ФАБРИКИ

Зміївська паперова фабрика виробляє широкий асортимент пакувальних видів паперів, крафт-папір, обгортковий папір, основу для парафінування (ОДП), а також папір для друку, в тому числі, газетний, газетно-офсетний та ін. За декілька останніх років підприємство розширило виробництво за рахунок крепового виду паперу, який використовують в кондитерській промисловості, дизайнерських роботах тощо. Таке складне багатофункціональне виробництво вимагає використання сучасного теплотехнічного обладнання. При цьому особливу увагу необхідно приділити системам подачі пари на машини виробництва паперу.

В системах подачі пари потребують уточнення такі тепломеханічні розрахунки для папероробної машини (ПРМ №1): максимального та мінімального споживання пари; максимального та мінімального споживання пари по групам циліндрів; максимальної та мінімальної необхідної кількості водяної пари, яка має подаватись від парогенераторів підприємства; гідравлічний опір існуючих паропроводів при максимальних витратах водяної пари. Також необхідно напрацювати рекомендації по заміні ділянок паропроводів та дослідити введення в експлуатацію автоматичного управління системою подачі пари на машину з виробництва паперу.

Основним вузлом ПРМ №1 є блок з 12 циліндрів, які розділені на групи. На кожному з них необхідно подавати пару заданого тиску. Система подачі пари містить в собі комплексну установку, яка складається з наступних вузлів:

- парове введення - виконує функцію обліку пара, що подається на машину;
- редуційна установка - зменшує тиск пари, що приходить з котельні підприємства, до заданого значення;
- подача пари на циліндри - задане значення тиску пари залежить від типу паперу, яку машина виробляє в даний момент.

Крім зазначених вузлів до складу системи входять:

- відокремлювач пари вторинного закипання, в якому відбувається відділення пари, що утворюється в процесі роботи системи;
- конденсатна станція, в якій використовуються 2 механічних насоси для повернення конденсату в котельню.

До складу конденсатної станції входить також охолоджувач пари, в якому її залишкова енергія використовується для нагріву холодної води, що йде на потреби підприємства. В конденсатній станції реалізований унікальний алгоритм обліку витрати конденсату. У відділювачі пари вторинного закипання система управління підтримує задані параметри, що не перевищують відповідні значення для її подачі на циліндри машини. Цього вимагає технологія виробництва.

Таким чином, враховуючи наведений аналіз для вдосконалення роботи тепломеханічного обладнання паперової фабрики ефективними будуть такі дії:

- при гарантованому тиску водяної пари на виході з парогенераторів не менше 0,8 МПа необхідний тиск на вході в сепаратор паро-конденсатної системи ПРМ №1 забезпечується без реконструкції існуючого паропроводу;
- при можливості зниження тиску водяної пари на виході з парогенератора до 0,75 МПа, для забезпечення необхідного тиску на вході в сепаратор паро-конденсатної системи ПРМ №1 необхідно здійснити реконструкцію існуючого паропроводу з заміною існуючої ділянки від парогенератора до парової гребінки.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВА В УКРАЇНІ

Останнім часом відбулися помітні зміни в енергетичній галузі України, зокрема у сфері відновлювальних джерел енергії. Все більшого значення набувають питання енергетичної безпеки країни та зменшення залежності від імпортованих енергоносіїв. Особливого значення набувають проекти реконструкцій котельень з встановленням котлів на біопаливі із заміщенням викопного палива.

Станом на 2014 рік основним паливом для котельень був природний газ, частка якого складала 71% [1]. Для забезпечення тепловою енергією бюджетних організацій в Україні щорічно витрачається близько 0,7 млрд. м³ природного газу. Використання біомаси для енергетичних потреб на даний час ще не достатнє.

В той же час, галузь твердопаливних котлів дуже активно розвивається. Виходячи з прогнозів, до 2020 року загальна потужність котлів, які використовують біопаливо на промислових підприємствах, зросте більш ніж в три рази (див. рис) [2].



Рис. Виробництво теплової енергії з біомаси, млн Гкал

В роботі проаналізовано перспективи використання біопалива на котельнях України.

Перелік посилань:

1. Проведення комплексного дослідження ринку котлів, що працюють на біомасі в Україні / Г.Гелетуа, Є.Олійник, В.Антоненко та ін., 2016.-212с.
2. Комплексний аналіз українського ринку пелет з біомаси / Г.Гелетуа, В.Крамар та ін., 2016.-334с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО ОПОРУ ПРИ ТЕЧІЇ ДВОХФАЗНОГО ПОТОКУ У ВЕРТИКАЛЬНІЙ ТРУБІ

Динамічні двофазні газорідинні системи широко використовуються в техніці і є одним з ефективних способів організації технологічного процесу в контактних тепло- і масообмінних апаратах різного призначення. Такі апарати і пристрої широко застосовуються в якості контактних випарників і нагрівачів різних розчинів, контактних утилізаторів теплоти відхідних газів, зволожувачів в кондиціонерах і ін [1].

При виборі типу контактного апарату для вирішення конкретного завдання, крім вимоги щодо високої енергетичної ефективності, простоти конструкції і низької матеріаломісткості, важливим параметром є малий гідравлічний опір активної зони контактного апарату. Останній вимозі в більшій мірі відповідають плівкові контактні апарати.

Збільшення продуктивності контактних газорідинних апаратів плівкового типу можна досягти в разі реалізації в них супутного руху плівки рідини і потоку газу.

Для проведення досліджень була створена установка [2], принципова схема якої представлена на рис.1. Установка складається з корпусу 1, в якому розміщена барботажна труба 2. Повітря вентилятором 3 через ротаметр 4, вхідний патрубок 5 подається в нижню камеру і далі через барботажну трубу 2 і сепаратор 6 виходить з апарату через патрубок 7. Вода з ємності 8 порційно подається в мірний циліндр 9 і далі через регулятор рівня 10 в нижню частину корпусу 1. За допомогою регулятора рівня 10 забезпечується сталість заданого зазору δ між нижнім обрізом труби 2 і рівнем рідини в корпусі. Повітря, що проходить через зазор δ , захоплює воду. Новоутворена при цьому водоповітряна суміш, проходить через барботажну трубу 2 в вихідну камеру корпусу, де розділяється на рідку і газоподібну компоненти. Відсепарована вода по опускній трубі повертається в нижню камеру. Витрата повітря регулюється зміною частоти обертання вентилятора 3 за допомогою частотного перетворювача 11. Температура води в нижній частині апарату вимірюється хромель-копелевою термопарою і підтримується на заданому рівні за допомогою регулятора 12. Температура повітря за сухим і мокрим термометрами вимірюється на вході в патрубок 5 і на виході з патрубку 7 за допомогою хромель-копелевих термопар. Втрата тиску на теплопередаючому елементі 2 вимірюється водяним дифманометром 13.

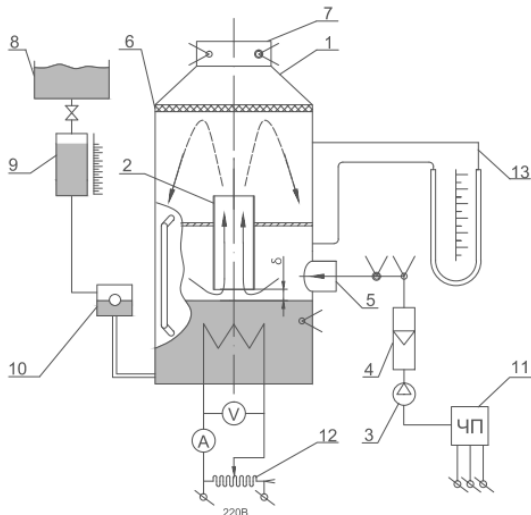


Рис.1. Принципова схема установки

Перелік посилань:

1. Гидродинамика и контактный теплообмен в газожидкостных системах: монография // М.К. Безродный, П.А. Барабаш, Н.Н. Голяяд. – 2-е изд. перераб. и доп. – Киев: КПИ им. Игора Сикорского, Изд-во «Политехника», 2017. – 560 с.
2. 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.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ВИКИДІВ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Для підтримання нормованих параметрів повітря в приміщеннях житлових, громадських та промислових будівель влаштовуються системи вентиляції, які можуть бути припливними, витяжними і припливно-витяжними, а також з природним і механічним спонуканням.

З метою зменшення витрати теплоти на нагрівання повітря у холодний період року здійснюється його попередній підігрів у теплоутилізаторах витяжного повітря.

Розрахунки з визначення ефективності утилізації теплоти вентиляційних викидів виконані на прикладі блоку потокових аудиторій корпусу № 5 КПІ ім. Ігоря Сікорського, який складається з чотирьох аудиторій (№№ 1, 2, 3 і 4) з загальною кількістю посадкових місць 610 (по 130 в ауд. №№ 1 і 2 та по 175 – в ауд. №№ 3 і 4).

За відомими методиками були визначені надходження теплоти від людей, сонячної радіації через світлопрозорі конструкції і освітлювальних приладів, а також вологи від людей.

Надалі за розрахунками повітрообміну отримані витрати припливного повітря, що складають по 15600 м³/год для ауд. №№ 1 і 2, та по 21150 м³/год для ауд. №№ 3 і 4. На розрахункову витрату повітря для кожної з аудиторій були обрані припливно-витяжні установки фірми РЕМАК з регенеративними обертовими теплоутилізаторами, загальна витрата припливного повітря для яких складає 73500 м³/год.

Для нагрівання повітря в калориферах в холодний період року від розрахункової температури зовнішнього повітря на опалення $t_{p.o} = -22$ °С до температури припливного повітря $t_{п} = 18$ °С загалом витрачається $Q_{к} = 980$ кВт теплоти, яка надходить від централізованого джерела тепlopостачання.

За відомими параметрами зовнішнього повітря ($t_{p.o} = -22$ °С, $\phi_3 = 83$ %) та витяжного ($t_{внт} = 22$ °С, $\phi_3 = 65$ %), і витраті витяжного повітря, що дорівнює витраті припливного, за методикою [1] була визначена температура припливного повітря після теплоутилізаторів, що складає $t_{н2} = 9,5$ °С, а потік утилізованої теплоти – $Q_{ут} = 784$ кВт.

Річна кількість утилізованої теплоти, ГДж/рік, визначається за формулою

$$Q_{ут.річ} = Q_{ут} \frac{t_{вн} - t_{cp.o}}{t_{вн} - t_{p.o}} n_o z_b 3,6 \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

де $t_{вн}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря у приміщеннях аудиторій, °С; $t_{cp.o}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С; n_o – продовжуваність опалювального періоду, діб; z_b – кількість годин роботи вентиляції за добу.

Беремо за нормативними і кліматологічними даними $t_{вн} = 20$ °С; $t_{cp.o} = -0,1$ °С; $n_o = 176$ діб; $z_b = 16$ год/добу, тоді величина $Q_{ут.річ}$ складає 3804 ГДж/рік.

Ефективність утилізації теплоти вентиляційних викидів, грн/рік

$$E_{ф} = Q_{ут.річ} C_{т}, \quad (2)$$

де $C_{т}$ – вартість одиниці теплоти, що використовується для нагрівання припливного повітря, грн/ГДж, що дорівнює 1328,34 грн/Гкал (317,03 грн/ГДж).

Тоді ефективність утилізації теплоти вентиляційних викидів складе 1205982 грн/рік.

Перелік посилань:

1. Боженко М.Ф. Енергозбереження в тепlopостачанні: Навч. посіб./ М.Ф.Боженко, В.П.Сало. - Київ. : НТУУ «КПІ», 2008. – 268 с.

УДК 621.57

Студент 4 курсу, гр. ТП-42 Совінський М.В.
Асист., к.т.н. Соломаха А.С.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛООВОГО НАСОСУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД РІЗНИЦІ ТЕМПЕРАТУР ДЖЕРЕЛ ТЕПЛОТИ

При проектуванні системи теплопостачання на базі теплонасосних установок (ТНУ) дуже важливо передбачити значення дійсного коефіцієнту перетворення енергії ϕ_d (COP), так як завжди існує альтернатива у вигляді теплопостачання від котельні, ТЕЦ чи іншого джерела. Значна помилка в розрахунках витрати енергії на початковій стадії проектування може призвести до невірних висновків щодо раціональності використання ТНУ в порівнянні з іншими системами.

Точне значення дійсного коефіцієнту перетворення можна отримати на основі термодинамічного аналізу циклу теплового насоса з урахуванням всіх необоротностей. Проте такий метод доволі громіздкий та забирає багато часу [5].

Для експрес-оцінки доцільності використання ТНУ в окремому конкретному випадку зручно використовувати залежність, в яку б входили температури джерел теплоти. Одним з можливих варіантів отримання такої залежності є узагальнення експериментальних даних роботи різних теплових насосів.

На рис. наведено межі COP (ϕ_d) згідно з літературними даними. Як видно з рисунку, всі дані можна усереднити залежністю $COP = 6 - 0,05dT$ з точністю $\pm 25\%$ в діапазоні температур $dT = 25 \dots 60$ К.

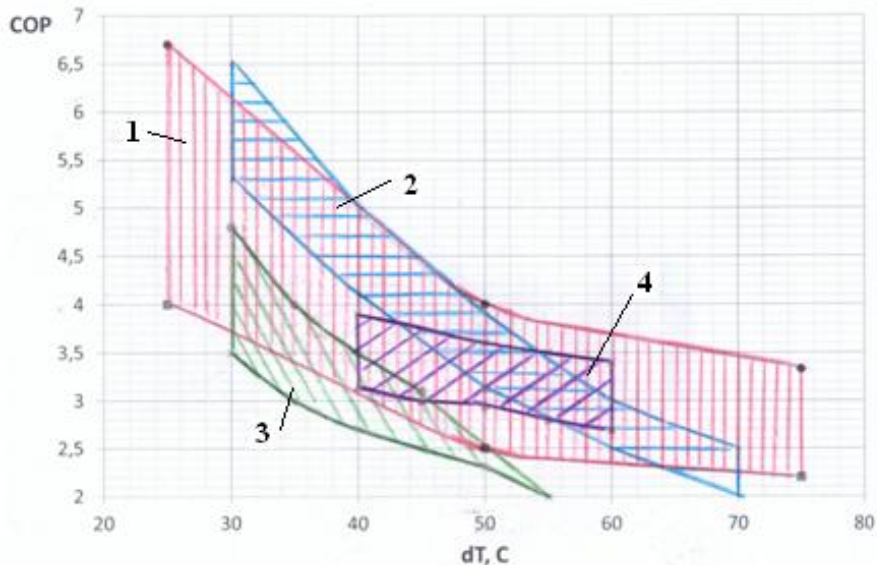


Рис. Залежність коефіцієнту перетворення ТНУ від різниці температур гарячого та холодного джерел. 1 – [1]; 2 – [2]; 3 – [3]; 4 – [4].

Перелік посилань:

1. Hermann Halozan and Rene Rieberer Energy-efficient heating and cooling system for buildings// Режим доступу <http://www.iifiiiz.org/en/doc/1058.pdf>
2. Клименко В.Н. Некоторые особенности применения парокомпрессионных тепловых насосов для утилизации сбросной теплоты отопительных котлов // Пром. теплотехника. – 2011. – т.35. – №5. – с.42-48.
3. Суслов А. Воздушные тепловые насосы: возможности и ошибки маркетинга // Аква-Терм. – 2010. – №4. – с.22-26.
4. Szargut T. Termodynamika techniczna. – Warszawa: PWN, 1991. – 534 с.
5. Мартыновский В.С. Анализ действительных термодинамических циклов – Энергия М., 1972. – 216с.

УДК 536.245.

Студент 4 курсу, гр. ТП-42 У Ц.
Проф., д.т.н. Варламов Г.Б.

МОДЕЛЮВАННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ПАЛЬНИКАХ ТРУБЧАТОГО ТИПУ

При моделюванні аеродинамічних процесів в пальниках трубчастого типу були отримані: поле швидкостей у пальнику трубчастого типу варіант 3 (рис. 1);

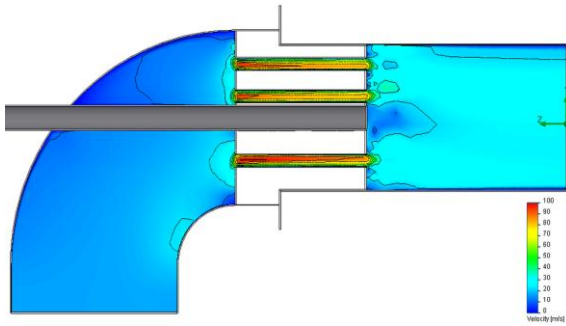


Рисунок 1 – Поле швидкостей у повздовжньому розрізі трубчастого пальника.

Нерівномірність розподілу повітря по трубкам трубчастого пальника розраховували за формулою: $K_p = \frac{\bar{W}_{\min}}{\bar{W}_{\max}} 100\%$.

Таблиця 1 – Результати моделювання пальників трубчастого типу

Параметр	Варіант №3
Середня швидкість повітря на виході з трубки з найбільшою витратою, м/с	67,33
Середня швидкість повітря на виході з трубки з найменшою витратою, м/с	64,44
Рівномірність розподілу повітря по трубкам пальника, %	95,7%

Також були отримані розподіли швидкостей повітря у поперечних розрізах на відстані 200 мм від входу пальників трубчастого типу в котел (рис. 2).

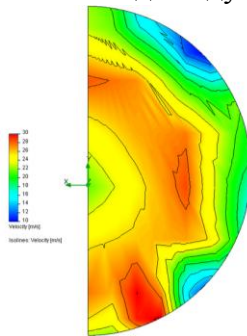


Рисунок 2 – Розподіл швидкостей повітря у поперечному перерізі пальника на відстані 200 мм від входу

З таблиці 1 та рис. 2, видно, що розглянутий варіант пальника має прийнятний аеродинамічний опір та близький до рівномірного розподіл швидкостей повітря на виході з пальника. Це забезпечує якісне спалювання газу та рівномірний розподіл температур в топці котла.

Перелік посилань:

1. Иванов Ю.В. Основы расчета и проектирования газовых горелок // Гостоптехиздат. Москва – 1963.
2. Мікулін Г. О., Любчик Г. М., Варламов Г. Б., Марченко Г. С. та ін. Використання трубчастих модулів як елементів інтенсифікації горіння та підвищення енергоекологічної ефективності газових пальників // Экотехнологии и ресурсосбережение. 2003. №4.
3. Любчик Г.М., Варламов Г.Б., Говдяк Р.М., Чабанович Л.Б., Шелковський Б.І. Методологія екологічного аналізу енергетичних об'єктів, систем та територій // Энергетика и электрофикация. 2005, №3, с. 50-55.

ТЕПЛОВІДАЧА ПРИ ПСЕВДО КРАПЛИННІЙ КОНДЕНСАЦІЇ СУМІШІ ВОДЯНИХ ПАРІВ ЕТАНОЛУ НА ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ПРОФІЛЬОВАНИХ ТРУБКАХ

Останнім часом зростає інтерес вчених різних країн до отримання і використання в промислових масштабах високо інтенсивних теплообмінних процесів. Цьому сприяє зростання можливостей сучасних технологій, які дозволяють синтезувати новітні композиції, включаючи поверхнево-активні речовини (ПАР). Компоненти ПАР повинні створювати умови для захисту теплообмінного обладнання від корозійно-ерозійних процесів. Також в цьому контексті викликає інтерес дослідження реальних робочих тіл, до яких належать парові суміші.

Конденсація бінарних парів з різними коефіцієнтами поверхневого натягу обумовлена ефектом Марангоні. При цьому може відбутися перехід від плівкової конденсації до псевдо краплинної і навіть краплинної. Процес конденсації відбувається на поверхні тепло поглинаючого матеріалу. За умови настання псевдо краплинної конденсації парових сумішей на гладких трубах і пластинах спостерігається однаковий порядок коефіцієнтів тепловіддачі. Більшість дослідників такого процесу розглядають водно - етанолові парові суміші. При невеликій концентрації етанолу (приблизно 1% у паровій фазі) коефіцієнт тепловіддачі в псевдо краплинному режимі збільшується в кілька разів порівняно з конденсацією чистої пари. Співіснування різних конденсатних утворень і різних режимів конденсації: краплинної, псевдо краплинної, псевдо плівкової, плівкової і змішаної, дозволяє широко варіювати техніко-економічні показники теплотехнічного обладнання.

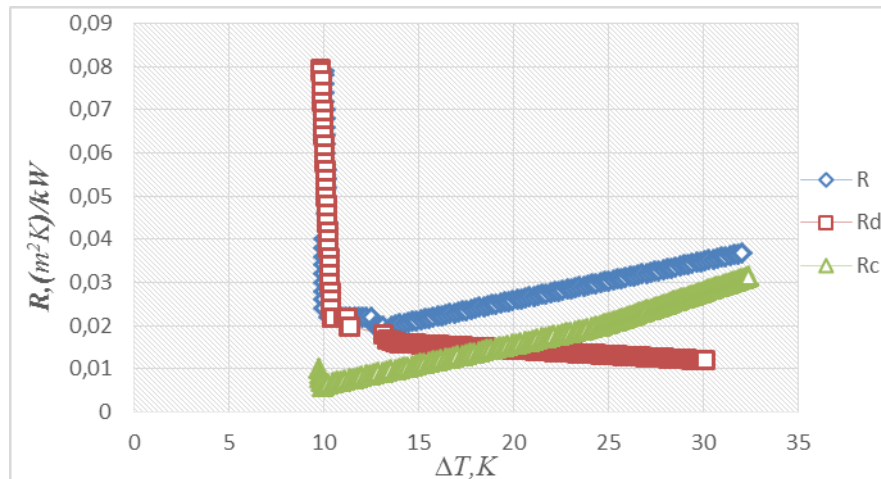


Рисунок. Залежність термічних опорів від різниці температур між парою і стінкою для трубки із кроком $S = 2,0$ мм при концентрації етанолу $C_v = 12\%$ R – загальний термічний опір Rd – термічний опір дифузійного пласту пари R_c – термічний опір рідкої фази.

На рисунку показані термічні опори R, Rd та R_c при конденсації парової суміші вода-етанол. З цього графіка видно, що сумарний термічний опір швидко зменшується із збільшенням ΔT , що відповідає переходу від плівкової конденсації до псевдо краплинного режиму. Потім сумарний термічний опір поступово збільшується, що відповідає зворотному переходу від псевдо краплинного режиму до плівкової конденсації.

Таким чином, застосування профільованих горизонтальних труб дозволяє суттєво інтенсифікувати тепловіддачу при псевдо краплинній конденсації парової суміші вода-етанол.

Студенти 3 курсу, гр. ТП-51 Олійник Б.В., Руденко С.В.
Доц., к.т.н. Гавриш А.С.

КОЖУХО ПЛАСИНЧАСТІ ТЕПЛОБМІННІ АПАРАТИ. ЧАСТИНА 1. КОНСТРУКЦІЯ ТА ПРИНЦИП ДІЇ

Сучасний кожухопластинчастий теплообмінник поєднує в собі конструкцію традиційного кожухотрубного теплообмінника і характерні деталі з обмеженнями кутового з'єднання пластин. Таке поєднання конструкції забезпечує теплову ефективність і компактність теплообмінника з каркасно-пластинчастою системою.

Хороший опір до температурної втоми і тиску робить кожухопластинчасті теплообмінники поза конкуренцією перед іншими зварними пристроями. Компактна конструкція дає можливість легкого доступу навіть за умов високих температур і невеликих об'ємів, забезпечує легку зміну режимів роботи, а за певних умов - швидкий запуск і зупинку дії обладнання. Конструктивна принципова схема кожухопластинчатого теплообмінника наведена на рисунку:

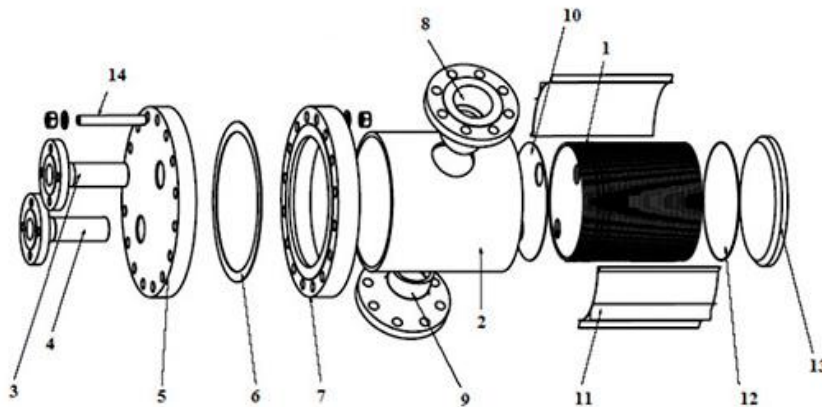


Рисунок. Конструктивна принципова схема кожухопластинчатого теплообмінного апарату: 1 - пакет пластин; 2 - кожух; 3 - вхід зі сторони пластин; 4 - вихід зі сторони пластин; 5 - фланцева заглушка; 6 - ущільнення; 7 - фланець кожуха; 8 - вхід зі сторони кожуха; 9 - вихід зі сторони кожуха; 10 - з'єднувальний диск; 11 - спрямовуюча потоку; 12 - кінцевий диск; 13 - кінцева пластина; 14 – болтове з'єднання.

За схемою руху циркулюючих середовищ теплообмінні апарати можуть бути як регенеративними, так і рекуперативними. Максимальний коефіцієнт теплопередачі досягається шляхом впровадження гофрованих профілів, які природним чином турбулізують рухомі потоки. Рух носіїв може здійснюватися протитоком, прямо током, або перехресно. Основною конструкцією кожухопластинчастих апаратів є цілком зварена конструкція. Трохи рідше оперують з конструкцією із кришкою при одноходовому русі теплоносія по поверхні пластини пластин. На сучасному ринку теплотехнічного обладнання з'явилися кожухопластинчасті теплообмінні апарати від різних виробників. Одним із представників є теплообмінні системи PSHE droplet separator. Теплообмінники зі звареними касетами ідеальні для застосування на підприємствах нафтогазового комплексу та хімічної промисловості.

Отже, високі експлуатаційні характеристики, простота установки теплообмінника в рамі та висока надійність, дозволяють значно розширити галузі їх застосування

УДК 62-971:536.24

Студенти 3 курсу, гр. ТП-51 Руденко С.В., Олійник Б.В.
Доц., к.т.н. Гавриш А.С.

КОЖУХОПЛАСИНЧАСТІ ТЕПЛООБМІННІ АПАРАТИ. ЧАСТИНА 2. ГАЛУЗІ ЗАСТОСУВАННЯ.

За останні два десятиріччя великого попиту набули кожухопластинчасті теплообмінні апарати [1]. Цей вид теплообмінників має ряд переваг порівняно з кожухотрубними і пластинчастими аналогами. Вони займають менше простору, мають меншу вагу, є більш ефективними. При цьому немає необхідності їх занадто часто чистити і проводити профілактичні роботи, як це відбувається з кожухотрубними теплообмінниками. Основні сфери застосування пластинчастих теплообмінних апаратів можна систематизувати наступним чином:

1. Працюють в системах централізованого тепlopостачання в якості конденсатора і випарника.
2. Встановлюються для комплексів обігріву та охолодження мастил.
3. Застосовуються в ролі економайзера і рекуператора для утилізації теплоти відхідних газів.
4. Встановлюються в якості первинного теплообмінного апарату в котельнях. При цьому побічно виконують допоміжну функцію захисту парогенератора від відкладень і шкідливих домішок.
5. У схемах, що передбачають наявність великих і асиметричних потоків рідких робочих середовищ. Дане тепломеханічне обладнання вигідно відрізняється на тлі альтернативних видів рекуператорів.
6. Поширені як у великій, так і у малій теплоенергетиці, хімічній, нафтовій, металургійній і газовій промисловості, тощо.

Порівняльні характеристики різних типів теплообмінних апаратів наведені в таблиці:

Таблиця. Порівняльні характеристики різних типів теплообмінних апаратів

Параметр	Одиниці вимірювання	Вид ТОА				
		Кожухотрубні	Спіральні	Розбірні пластинчасті	Паяні пластинчасті	Кожухопластинчасті
Вага	кг	1000	800	500	300	400
Об'єм	м ³	1.0	0.7	0.4	0.2	0.2
Тип теплоносія	-	Рідина/рідина рідина/газ газ/газ	Рідина/рідина рідина/газ газ/газ	Рідина/рідина пара/рідина	Рідина/рідина рідина/газ	Рідина/рідина рідина/газ
T _{max}	°C	300	300	-10/150	-40/220	-196/400
P _{max}	бар	~200	~16	~25	~40	~100
Тип	-	Труби	Плоскі пластини	Профільні пластини	Профільні пластини	Профільні пластини
Коефіцієнт К	$\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	200-1500	600-2500	Максимум 6000	Максимум 6000	Максимум 6000

Як видно із таблиці кожухопластинчасті апарати вигідно вирізняються своїми масогабаритними характеристиками і параметрами теплоносіїв.

До безперечних переваг можна віднести застосовуваний і досить простий метод одностороннього промивання. Ціна кожухопластинчастого теплообмінника не є лімітуючою ланкою в загальному кошторисі теплотехнічного обладнання.

Перелік посилань:

1. Гавелин Стефан. Кожухопластинчатые теплообменники / Нефтегазовые технологи, 2010.- №1.- С. 88-90.

ПРО ОСОБЛИВОСТІ ПСЕВДО ПЛІВКОВОГО І ПСЕВДО КРАПЛИННОГО РЕЖИМІВ КОНДЕНСАЦІЇ

У випадку, коли конденсат утворюється на частково змочуваній поверхні, то можливим стає псевдо плівковий і псевдо краплинний режими конденсації при крайових кутах змочування $50-70^{\circ}$ і $70-90^{\circ}$ відповідно. Конденсатні утворення рухаються по поверхні теплообміну під дією сили тяжіння і динамічної дії парового потоку. Досягнення псевдо плівкового і псевдо краплинного режимів стає можливим при додаванні в пару спеціальних присадок, які здатні змінити поверхневий натяг рідини на границі розподілу фаз. Ці режими також виникають при недостатньо якісному гідрофобному покритті, або при руйнуванні якісного водовідштовхуючого покриття. За умови зміни теплофізичних властивостей рідини та поверхневих умов стає можливим перехід одного режиму конденсації в інший, як в прямому так і в зворотному напрямках. Такі явища ще не достатньо досліджені на практиці для конденсаційного устаткування енергетичних установок в контексті опису за допомогою відповідних кривих конденсації.

Величиною, яка характеризує інтенсивність теплообміну, є коефіцієнт тепловіддачі α . Він розглядається як коефіцієнт пропорційності між густиною теплового потоку і температурним напором пара-стінка, або як величина зворотно пропорційна термічному опорі конденсату. Змінні характерні розміри умовно тонких і умовно товстих плівок ускладнюють розрахунки і відповідають теорії Ічіро Танасави для динамічних конденсатних утворень змінних типорозмірів. Відповідно до гіпотези змінної рухомої шорсткості конденсату суттєвим буде вплив теплопровідності як на молекулярному, так і на молярному рівнях. Важливим фактором також є конструкція конденсаційного пристрою і залежна від цього відносна величина і взаємна орієнтація сили динамічної дії парового потоку разом із силою тяжіння. В граничних випадках кожна із сил може переважати іншу і мову ведуть про гравітаційний і про зсувний характер руху конденсату.

Дотичні напруги на поверхні розподілу фаз необхідно розглядати спільно із дією сили тертя і можливістю організації ламінарного або турбулентного режимів руху конденсату залежно від його витрати та в'язкості. Термічний опір конденсату чистої пари може суттєво відрізнитись від випадку наявності домішок інертних газів, тощо. Змінними при цьому будуть й моделі гідродинаміки і теплообміну, а як наслідок – методика розрахунку, спосіб інтерполяції даних й апроксимації рішення. Змінні за габаритами поверхні витрата конденсату, швидкість парового потоку і градієнти капілярного тиску вплинуть на локальні та середні коефіцієнти тепловіддачі.

Відведення теплоти фазового перетворення через поверхні розподілу фаз обумовлює необхідність розгляду балансу маси і теплоти. Із загального опису процесу конденсації за допомогою узагальненої гравітаційної моделі необхідно обрати контрольні об'єми, поверхні і лінійні розміри. Витрата конденсату є змінною не тільки по границі розподілу фаз тверда стінка-рідина, а й по границі рідина – пара. У зв'язку з цим виникає потреба певних спрощень через середньостатистичну модель і розгляд умови відповідності потоків маси і енергії для пари й конденсату (за його товщиною і довжиною), а для твердої стінки – теплового балансу. Актуальним стає питання наявності в просторі і часі ділянок теплообмінної поверхні з нульовою товщиною і масою конденсатних утворень.

Всі вище означені аспекти в опису складного динамічного процесу конденсації розкривають нові можливості для подальших досліджень і знаходження засобів керування теплообмінними пристроями.

НОВІТНІ ТИПИ ВІТРОГЕНЕРАТОРІВ

Енергія вітру вічно поновлювана й невичерпна, поки гріє Сонце. Вітер є незвичайним енергоносієм який має безліч складних і слабо передбачуваних фізичних параметрів для кожного окремо взятого географічного місця Земної кулі.

Вітроенергетична установка (ВЕУ, або вітряк) – технічна конструкція, яка поперетворює енергію рухомих повітряних мас в електричну. Конструкція вітрогенератора із трьома лопатями та горизонтальною віссю обертання є самою поширеною в світі (Див. Рисунок а). Цей варіант вітрогенератора був багато разів удосконалений в зв'язку з тим, що потребувалась більша потужність, менша шумо- та віброутворюваність, нижча вартість самої установки.

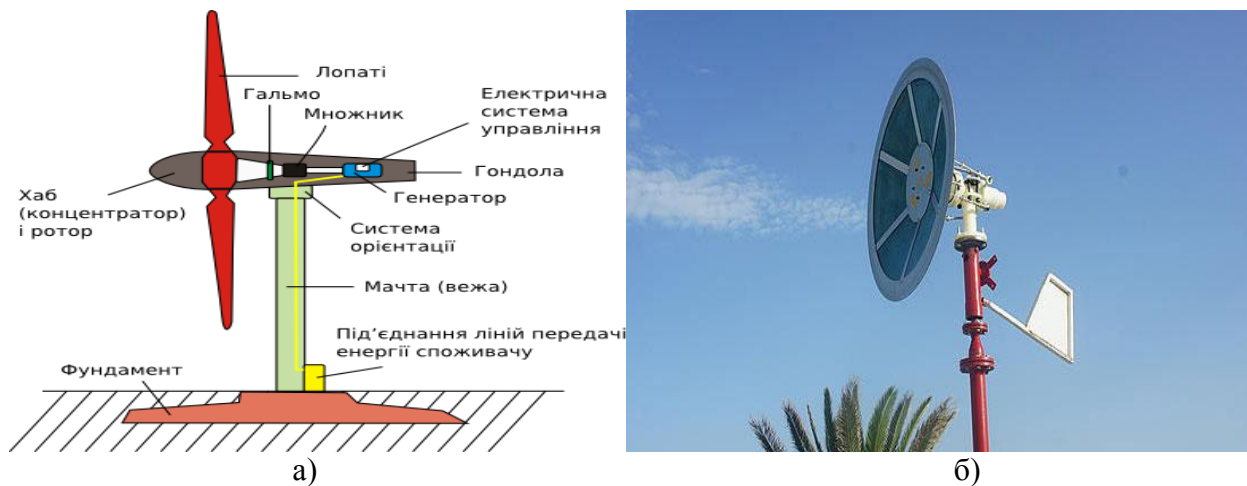


Рисунок - Конструкції найбільш поширених вітрогенераторів з горизонтальною віссю обертання: а) лопатевий горизонтальний; б) горизонтальний вітрогенератор без лопатей.

З метою уникнення негативних факторів, притаманних лопатевим вітрогенераторам, було створено горизонтальний вітрогенератор без лопатей (Див. Рисунок б), з мінімальним шумом і ефективністю у 2,3 рази більше ніж у лопатевих конкурентів. Цей вітрогенератор працює завдяки натиску повітря на вітрило, яке коливається. При цьому починають свою роботу невеликі поршні, розташовані у верхній частині конструкції. Поршні запускають в роботу гідравлічну систему, яка і перетворює кінетичну енергію вітру в електрику. Фактично він є вітрогенератором мембранного типу. Перевагою такого типу генератора є можливість роботи при малих швидкостях руху повітря і навіть практично при штилі. Іншими різновидами безлопатевих генераторів слугують циліндричні конструкції, які працюють за рахунок ефекту Магнуса. Є новітні розробки, які розглядають можливість використання ефекту рухомої шорсткості, аеростатні блоки, ефект Лотоса, тощо.

Вітрогенератори безлопатевих конструкцій можна використовувати в безпосередній близькості від людини. Вони є максимально ергомічними, мають низьку віброутворюваність і не несуть загрози для птахів. При цьому наряду з перевагами, можуть виникати проблеми з ефективністю системи в різних кліматичних поясах, а також необхідність корекції потужностей вітрогенераторів різних типорозмірів.

ПСЕВДО ПЛІВКОВА І ПСЕВДО КРАПЛИННА КОНДЕНСАЦІЯ НА ДОВІЛЬНИХ ПОВЕРХНЯХ

Дотепер добре відомими і гарно вивченими є випадки плівкової конденсації на поверхнях простої геометрії. Наявність в парі певних домішок і особливості покриттів робочих поверхонь здатні змінити характеристики конденсатних утворень і тим самим вплинути на режими конденсації. Перехід до псевдо плівкового режиму конденсації візуально визначається наявністю рухомих локальних плівок різних типорозмірів. Псевдо краплини відрізняються своєю формою в бік сферичних сегментів на відміну від локальних плівок довільної форми. Перехід до подібних режимів конденсації окрім зміни візуальної картини супроводжується і відмінностями в інтенсивності теплообміну. Як правило, тепловіддача зростає, але можливі окремі випадки часткового або повного залиття поверхонь конденсатом, що характеризується погіршенням теплообмінних характеристик. Локальні і середньостатистичні характерні розміри конденсатних утворень, витрата конденсату, коефіцієнт тепловіддачі, густина теплового потоку можуть суттєво залежати від форми, розмірів і орієнтації робочої поверхні у просторі. Для поверхонь простої геометрії дослідні задачі суттєво спрощені за рахунок можливості розгляду одновимірних задач для координат, спрямованих, або по висоті вертикальної поверхні, або за утворюючою горизонтальної труби.

Натомість для похилої труби виникає потреба розгляду особливостей процесу для двох (поверхнева задача), або навіть трьох (просторова задача) координат. Для двовимірних задач рух конденсату матиме свою специфіку як вздовж вісі, так і вздовж утворюючої труби. З практичної точки зору труби з ребрами доцільно розглядати вже як складну просторову задачу. При цьому суттєвими стають капілярні ефекти при конденсації на викривлених поверхнях із малими лінійними масштабами. Сили тертя і гравітації в цьому випадку суттєво вплинуть на градієнти Лапласовського тиску в конденсатних утвореннях. Створюються умови для використання мілі- та мікро хвильових ефектів для інтенсифікації тепловіддачі при конденсації. Подібні характерні особливості будуть притаманними і для профільованих поверхонь в різноманітних пластинчастих теплообмінних апаратах. В цьому контексті відкриваються нові перспективи для інтенсифікації теплообміну в каналах мікро теплообмінників.

Для конденсації на поверхнях довільної форми на різних ділянках відносна орієнтація сили тяжіння буде змінною. Кривизна поверхні також може змінюватись, що вплине на градієнти тиску в конденсаті. Детальний опис геометрії вимагає застосування криволінійної системи координат. Основні припущення теорії тонких та товстих плівок нівелюються наявністю ефекту залиття в низинах профілю і рухомою шорсткістю на вершинах. Розміри конденсатних утворень доцільно порівнювати з радіусами кривизни профілю поверхонь. Важливими стають ефекти локальних співвідношень для конденсату, враховуючи модель теплопровідності та витратні характеристики.

Співставлення коефіцієнтів тепловіддачі вказує на можливість суттєвої інтенсифікації для псевдо краплин порівняно із класичною плівковою конденсацією. Зростання теплового потоку при цьому може дещо стримуватись наявністю інших складових сумарного термічного опору процесу конденсації. Вплинути на це можливо через швидкості утворення і видалення конденсату із теплообмінної поверхні. При проектуванні конденсаційних пристроїв та іншого теплотехнічного устаткування необхідно враховувати можливість створення особливої шорсткості і хвильові збудження поверхні конденсатної фази з точки зору впливу на сумарний гідравлічний опір.

ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРЕВАГИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В БУДИНКАХ З ЕЛЕКТРИЧНИМ ОПАЛЕННЯМ

В сучасному світі актуальними є проблеми заощадження і економії теплоенергії в житлових будинках. Особливо в тих, що спрямовані на використання саме електричного опалення, як одного з видів теплопостачання.

У випадку, коли прагнуть заощадити на комунальних послугах та оптимізувати умови проживання, застосовують електричне опалення. Є безліч видів даного теплопостачання. Кожний тип відповідає певним вимогам користувача: його фінансовим спроможностям, площі проживання, умовам комфортності. Електричне опалення має доволі вагомі переваги над газовим: економія при монтажу та використанні; безпечне в експлуатації (не створює екстремально аварійних ситуацій); не потребує профілактичного обслуговування тощо. Також можна стверджувати, що всі опалювальні прилади працюють не тільки на обігрів приміщень, але і на те, щоб створити для мешканців будинку комфортні умови. Великим плюсом електричного опалення є його абсолютна екологічність і безпека для здоров'я. Воно рекомендовано для установки в дитячих і лікувальних установах.

Звертаючи увагу на рівень платоспроможності основного населення України, за допомогою досліджень можна визначити найоптимальніший варіант установки й монтажу електричного опалення. Необхідно коректно підібрати і встановити електричне опалення, залежно від особливостей конкретного об'єкту. Споживач потребує довготривалого і якісного теплопостачання. Наприклад, для однокімнатної квартири з утепленням можна порекомендувати установку електродкотла з споживною потужністю 2кВт до існуючого водяного опалення. У будинку з двома і більше кімнатами, електродкотел не покаже ефективності роботи, як у попередньому випадку. Потужності на нагрівання у розглянутому випадку буде потрібно набагато більше. Тому для багатокімнатних квартир краще використовувати тепло акумуляційні обігрівачі з потужністю до 2 кВт (кількість встановлюється в залежності від площі обігріву або числа кімнат). Терморегулюючі пристрої застосовуються для контролювання клімату в будинку і економії енергії. З допомогою електричного опалення в будинку можна створити комфортні умови, при цьому, не переплачуючи (див. табл. 1).

Таблиця 1 - Порівняльна характеристика різних видів опалення

Назва і Площа Харак- теристики	Газовий Котел (52 м ²)	Приватний будинок, площею 100 м ²		Електричні конвектори (15-17 м ²)	Електричний котел (40 м ²)	ІЧ панелі обігрівачі (18-20м ²)
		Котел на дровах	Котел на вугіллі			
Вартість установки	7142,5 грн	10750 грн	12300 грн	2799 грн	3590 грн	1400 грн
Потужність	-	-	-	1,5 кВт	2 кВт	0,7 кВт
Витрати (міс.)	200	2,8	0,7 т	360 кВт	270 кВт	240 кВт
Плата (міс.)	1380 грн	1680 грн	2100 грн	252 грн	193,5 грн	171 грн

Порівняльний аналіз з використанням даних таблиці дозволяє рекомендувати електричне опалення як оптимальний засіб теплопостачання в житлові будинки.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НОРМОВАНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ У ПРИМІЩЕННЯХ ЖИТЛОВИХ ТА ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Згідно з ДБН В.2.6-31:2006 [1] в приміщеннях житлових, громадських та адміністративних будівель нормативна температура повітря повинна складати 20 °С. Для забезпечення такої температури необхідно компенсувати втрати теплоти через зовнішні огороження надходженням теплоти від опалювальних приладів.

Для зменшення витрати теплоти на опалення більш ефективним є зменшення теплових втрат через зовнішні огороження, в основному, через зовнішні стіни та світлопрозорі конструкції. Нормами передбачені мінімально допустимі значення термічного опору теплопередачі для зовнішніх стін, наприклад, для першої температурної зони, $R_{q \min} = 3,3 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$. Для світлопрозорих конструкцій ця величина складає 0,75 $(\text{м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$.

Для багатьох будівель, які були споруджені ще в середині ХХ століття і сьогодні знаходяться в експлуатації, термічні опори теплопередачі стін і вікон суттєво менші за мінімально допустимі, тому для зменшення теплових втрат необхідно утеплювати зовнішні стіни і повністю замінювати світлопрозорі конструкції.

При утепленні, наприклад, зовнішніх стін мінімальна товщина утеплювача, мм, може бути визначена з наступного рівняння

$$\delta_{\text{ут}} = 10^3 (R_{q \min} - R_{\text{н.у}}) \lambda_{\text{ут}}, \quad (1)$$

де $R_{\text{н.у}}$ – термічний опір теплопередачі неутепленої стіни, $(\text{м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$; $\lambda_{\text{ут}}$ – теплопровідність матеріала утеплювача, $\text{Вт / (м} \cdot \text{К)}$.

Основні матеріали, що можуть бути використані для утеплення стін: кам'яна (базальтова) вата, скловата, шлаковата, пінополістирол, рідкий утеплювач, термольон і термоджут. Серед сипучих матеріалів для утеплення стін використовуються керамзит, пісок, тирса, вермикуліт, шлак, перліт, подрібнений пінобетон.

На практиці застосовують наступні способи утеплення всієї площі зовнішніх стін при реконструкції житлових будівель:

- наплення на них азбоперлітового розчину;
- наплення на них розчину пінопласту (пінополіуретану);
- наклейка пінополістиролових плит;
- наклейка мінераловатних плит.

Теплоізоляційний матеріал закріплюють з зовнішньої чи внутрішньої поверхні стін або в прошарку. Але найбільшого ефекту можна досягти при розташуванні утеплювача на зовнішній поверхні стіни. Поряд з багатьма позитивними факторами у цьому випадку зовнішні стіни захищаються від перемінного замерзання та відтаювання.

Оптимальна товщина утеплювача при порівнянні декількох матеріалів з відомими теплофізичними характеристиками визначається за мінімальною величиною зведених витрат, які враховують капіталовкладення в термоізоляцію будівлі та річні експлуатаційні витрати на компенсацію втрат теплоти системами опалення [2].

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.
2. Боженко М.Ф. Енергозбереження в теплопостачанні : навч. посіб. / М.Ф. Боженко, В.П. Сало. – К. : НТУУ «КПІ», 2008. – 268 с.

УДК 697

Студентка 2 курсу, гр. ТП-61 Іжевська Т.Л.
Доц., к.т.н. Боженко М.Ф.

СИСТЕМИ ПАНЕЛЬНО-ПРОМЕНЕВОГО ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ

Відомо, що системи опалення призначені для штучного нагріву приміщень в опалювальний період з метою компенсації теплових втрат та підтримання нормованої температури. Основними елементами систем опалення є генератор теплоти, теплопроводи та нагрівальні прилади. Системи опалення поділяються на місцеві та центральні. Серед центральних систем опалення найпоширенішими на сьогодні є водяні, парові, повітряні, комбіновані та променеві.

В роботі розглянуті системи панельно-променевого опалення.

Забезпечення променевого способу опалення здійснюється опалювальними панелями. Опалювальні панелі спільно з розташованими в них теплопроводами, в яких циркулює перегріта вода, і створюють систему панельно-променевого опалення.

За місцем розташування панелі можуть бути стінові, підлогові і стельові, а за матеріалом – металеві та бетонні. Системи панельно-променевого опалення також можуть бути центральними і місцевими.

До переваг панельно-променевого опалення відносять [1]:

- забезпечення підвищених санітарно-гігієнічних вимог;
- суміщення опалювальних приладів з будівельними конструкціями;
- зниження витрати металу і трудових витрат на монтаж;
- покращення інтер'єру приміщень.

Широкого застосування нині набули системи так званої «теплої підлоги» з розташованими під поверхню підлоги нагрівальними трубками, в яких циркулює вода з низькою температурою.

При розрахунках підлогового опалення спочатку визначають теплове навантаження для кожного приміщення з урахуванням розрахункових втрат теплоти огороженнями та через підлогу приміщення [2]. Потім обирають матеріал і діаметр трубопроводів та крок укладки труб.

Теплова потужність системи підлогового опалення визначається з урахуванням зони перебування та крайньої зони за формулою

$$Q_{\text{тп.ок}} = (q_{\text{кр}} + q_{\text{н.кр}}) F_{\text{кр}} + (q_{\text{пр}} + q_{\text{н.пр}}) F_{\text{пр}}, \quad (1)$$

де $q_{\text{пр}}$ і $q_{\text{кр}}$ – густини теплового потоку зони перебування і крайньої зони, Вт/м², що направлені до верху; $q_{\text{н.пр}}$ і $q_{\text{н.кр}}$ – ті ж самі густини теплового потоку, що направлені до низу; $F_{\text{пр}}$ і $F_{\text{кр}}$ – площа підлоги зони перебування та крайньої зони, відповідно, м².

Надалі визначають розрахункову температуру води в подавальній лінії і перепад температур в контурі, а з рівняння теплового балансу – масову витрату води в опалювальному контурі, кг/год

$$m = 3600 Q_{\text{тп.ок}} / c_{\text{в}} \sigma, \quad (2)$$

де $c_{\text{в}}$ – теплоємність води, Дж/(кг·К); σ – різниця температур подавальної і поворотної води в контурах, К.

Заключним етапом розрахунків є визначення довжини трубопроводів опалювального контуру та втрат тиску в ньому, які для одного контуру не повинні перевищувати 30 кПа.

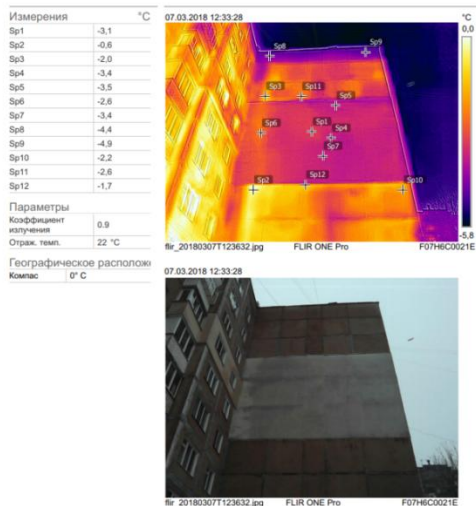
Перелік посилань:

1. Невзорова А.Б. Теплогазоснабжение, отопление и вентиляция: Учеб. / А.Б. Невзорова. – Гомель: БелГУТ, 2014. – 279 с.
2. Тиатор И. Отопительные системы / И. Тиатор. – Перевод с немецкого Т.Н.Зазаевой под ред. к.т.н. Н.Д. Малоевой. – М. : Техносфера Евроклимат, 2006. – 272 с.

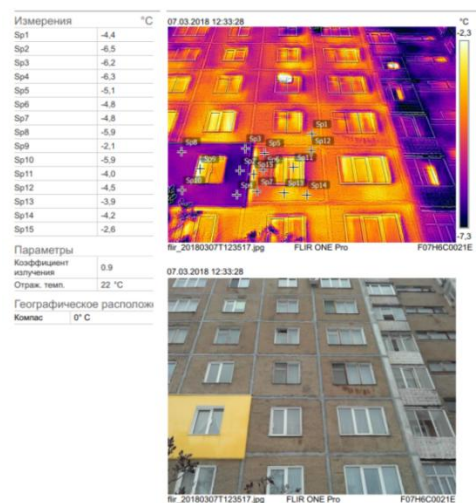
ТЕПЛОВІЗІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ЯК МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВТРАТ У БУДІВЛЯХ

З увімкненням опалення дають про себе знати недоліки будівельних технологій - малофункціональні системи опалення, нещільна ізоляція, неврахування точки роси та мостів холоду при утепленні приміщень. Відсутність вад в тепловій ізоляції будівель дозволяє економити близько 40% енергії, і для підвищення ефективності використання теплових ресурсів, необхідно спочатку точно визначити локалізацію джерел їх втрат.

На сьогодні тепловізійне дослідження є максимально ефективним безконтактним методом діагностики захищеності об'єкта від холоду. Його проводять за допомогою спеціальної камери, що функціонує в інфрачервоній області і дозволяє оцінити розподіл теплових випромінювань досліджуваного об'єкта. Робота тепловізора базується на фіксації температурної різниці об'єкт / фон і перетворенні інформації в видиме зображення. Сучасні пристрої здатні вловити і передати температурний контраст 0,05-0,1 К. Обстеження будівель тепловізором має безперечні переваги перед іншими методами визначення теплових витоків [1].



Звіт 1 – знімок утепленої стіни багатоповерхового будинку



Звіт 2 – «точкове» утеплення однієї з квартир, витік тепла на стику

Аналізуючи фотографії багатоповерхового будинку, отримані тепловізором, можна з легкістю виявити приховані вади будови, зволожені зони, засмічення батарей і недоліки опалювальної системи, точки перегріву. На основі отриманих даних можна зробити висновки щодо ефективності теплоізоляції будівлі, розробити рекомендації по їх покращенню.

Перелік посилань:

1. В. В. Коротаев, Г. С. и др. Основы тепловидения — СПб: НИУ ИТМО, 2012.

ПАРАМЕТРИ РОЗЛІТАННЯ КРАПЕЛЬ ПРИ УДАРІ СТРУМЕНЯ ВОДИ ОБ ПОВЕРХНЮ ПРИ МАЛИХ ВИТРАТАХ ВОДИ

При кристалізації води потрібно забезпечувати витрату води біля 2-5 г/с на квадратний метр горизонтальних насадок. Використання форсунок потребує значного тиску води і ускладнюється при відсутності водогону. Встановлено [1], що для розпилення ударом достатньо організувати подачу води через отвір в дні посудин з рівнем води в ній 100 – 300 мм. При розпиленні на суцільній поверхні удару залишається 50 – 80 % води, що зависає в краплях, які поступово падають вниз.

Нами подана заявка на патент на корисну модель, де запропоновано зробити перфорацію на поверхні удару або щілини. В подальшому будуть виконані гідродинамічні і теплові дослідження запропонованого способу.

Досі відсутні відомості про зміну маси крапель по радіусу від центра удару. Ми плануємо використати два методи фіксації маси. Перший - використанням концентричних посудин різного діаметру, другий - формуванням бурульок на радіальних дротах з центральним кругом, об який ударяється струмінь води. Вигляд слідів крапель від удару об плоску горизонтальну пластину видно на фото (рис.1). Полоса між аркушами паперу дорівнює ширині ударної пластини.



Рис.1

Рис.2

На рис.2 показано поверхню удару з вертикальною ловушкою крапель, яка утворює щілину між нею і поверхнею удару, на яку встановлено марлеву тканину. Видно, що марля має дискретні льодяні утворення з відстанню від 7 до 28 мм. Далі краплі змочують трубу і утворюють лід на ній.

Перелік посилань:

1. І. Пуховий. ДИСПЕРГУВАННЯ ВОДИ УДАРОМ ОБ РЕБРИСТІ Й ОКРУГЛІ ПОВЕРХНІ ПРИ МАЛОНАПІРНОМУ ВИТІКАННІ ВНИЗ ЧЕРЕЗМАЛІЙ ОТВІР. Наукові вісті НТУУ " КПІ ім. Ігоря Сікорського ". № 2. С 57-62, 2017 |

УДК 532.5

Магістрант 6 курсу, гр. ОТ-61м Лептюхов І.І.; ст. викл. - Баранюк О.В.
Доц., к.т.н. Студенець В.П.

МОДЕЛЬ В'ЯЗКІСТНО-ГРАВІТАЦІЙНОЇ ТЕЧІЇ ВОДЯНОЇ ПЛІВКИ НА ВЕРТИКАЛЬНІЙ ГЛАДКІЙ ПОВЕРХНІ У СЕРЕДОВИЩІ ANSYS FLUENT

Робота стосується чисельного моделювання плівкової течії рідини (води) з крайовим кутом змочування твердої поверхні, а саме першого етапу, пов'язаного з формуванням моделі течії водяної плівки по вертикальній гладкій стінці. Метою роботи є створення моделі плівкової течії вертикальною стінкою в програмному середовищі ANSYS Fluent [1], та визначення її базових параметрів з порівнянням результатів теоретичного розрахунку.

Плівкова течія води відбувається в каналі прямокутної форми, який має габаритні розміри 10x50x200 мм (рис.1).

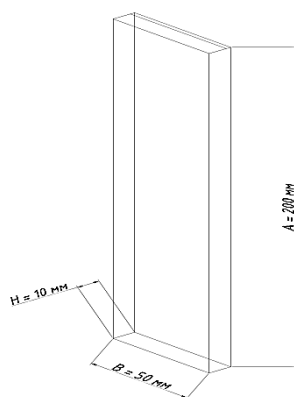


Рисунок 1. – Габаритні розміри

Перспективність поставленої задачі базується на методах інтенсифікації теплообмінних і масообмінних процесів шляхом їх проведення в тонких плівках. Такі процеси мають місце в багатьох технологічних апаратах та пристроях, включаючи теплові труби, контактні теплообмінники, випарні апарати та ін. На першому етапі здійснюється моделювання в'язкістно-гравітаційної течії рідкої фази в тонкій плівці.

Параметри, які обраховувались у ході моделювання: поверхнева швидкість руху плівки, об'ємна частка води по висоті каналу (H). Моделювання виконано для двосекундного протікання плівки води з часовим інтервалом в 0,001 с. Параметри, які вимірювались, були отримані на певних моментах часу пробігу розрахунку. Теоретичний аналіз базувався на результатах [2].

Наукова новизна проведених досліджень полягає:

- 1) Побудова моделі течії рідкої фази на вертикальній гладкій стінці у середовищі ANSYS Fluent;
- 2) Порівняння базових параметрів течії з теоретично-розрахунковими значеннями та отримання прийнятної похибки;

Результатом роботи стала побудова моделі в'язкістно-гравітаційної течії рідини у прямокутному вертикальному каналі за допомоги програмного середовища ANSYS Fluent, визначення швидкості течії та товщини плівки води, порівняння базових параметрів течії з теоретичними результатами.

Перелік посилань:

1. ANSYS® Help Viewer, version 18.2.0, © 2017 SAS IP, Inc. All rights reserved.
2. Воронцов Е.Г., Тананайко Ю.М. Теплообмен в жидкостных пленках. // Техніка. – 1972. – Р. 7-17.

ВИГОТОВЛЕННЯ ТЕПЛООВОГО АКУМУЛЯТОРА ДЛЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГОУСТАНОВКИ НА БАЗІ ДВИГУНА СТІРЛІНГА

Однією з проблем у сонячній енергетиці, що потребує вирішення, є невідповідність добових графіків споживання та генерації електроенергії. Для співставлення у часі цих процесів може бути використане акумулювання енергії, в тому числі акумулювання теплової сонячної енергії до процесу генерації електроенергії.

Метою роботи є створення теплового акумулятора на базі РСМ-матеріалу [1], температура фазового переходу якого відповідає робочим температурам двигуна Стірлінга УДС-1 [2].

Як акумулююча речовина був обраний сплав магнію та цинку (Mg - 51%Zn), оскільки він має досить велику теплоту фазового переходу – 155 кДж/кг та прийнятну температуру кристалізації - 337°C. Конструкція акумулятора складається з двох концентричних циліндрів з дном, повітряний зазор між якими заповнений акумулюючою речовиною (143 г). Акумулятор має наступні параметри:

- Зовнішній діаметр – 78 мм;
- Внутрішній діаметр – 70 мм;
- Висота зовнішнього циліндру – 90 мм;
- Висота внутрішнього циліндру – 77 мм;
- Матеріал оболонки акумулятора – сталь;
- Товщина сталі – 0,5 мм.

Форма та габарити внутрішньої сторони акумулятора дозволяють мати щільний контакт з робочим циліндром двигуна Стірлінга. Зовнішня сторона акумулятора вкрита теплоізоляційним чохлам з азбестового шнура (теплопровідність – 0,08 Вт/(м°C), товщина – 15 мм). Чохол є з'ємним та може буди швидко знятий або надітий на акумулятор.

При роботі в інтервалі температур 550/337°C тепловий акумулятор має наступні характеристики:

- Питома теплоту фазового переходу – 155 кДж/кг;
- Питома теплоємність – 0,73 кДж/(кг · К);
- Теплоємність – 22,24 кДж;
- Теплоту фазового переходу – 22,16 кДж;
- Загальна кількість закумульованої теплоти – 44,4 кДж;

За результатами роботи виготовлено тепловий акумулятор для сонячної установки на базі двигуна Стірлінга та перевірено роботоздатність цієї установки. В середньому, двигун працював близько 120 с без використання інших джерел енергії, крім теплового акумулятора.

Перелік посилань:

1. Blanco-Rodriguez P, Rodriguez-Aseguinolaza J, Risueno E, Tello M. Thermophysical characterization of Mg-51%Zn eutectic metal alloy: a phase change material for thermal energy storage in direct steam generation applications. Energy. 2014;72:414–20.

CHARACTERISTICS OF FANS USED IN LOW-POWER BOILERS

This paper presents the results of tests conducted in the Chair of Thermal Engineering of Poznan University of Technology dedicated to determining the efficiency of low-power barrel fans, which are used in low-power boilers. Operation parameters of fans produced for industry were checked with respect to the requirements of Directive 2009/125/EC of the European Parliament. The tests were used to determine the efficiency of fans and to compare them against values determined according to the European Directive. The test results are presented on graphs as functions of air volume flow. Those characteristics comprise distributions of total pressure, electric power absorbed by the motor, and fan efficiency. The results indicate that there is a need to develop new guidelines. They should concern those efficiencies of low-power fans which are not covered by Directive 2009/125/EC of the European Parliament.

Reference list:

1. R. Urbaniak, J. Bartoszewicz, R. Kłosowiak, et al., Main causes of NO_x emissions by low-power boilers., *Polish Journal of Environmental Studies* 24 (5) (2015) 2223–2230.
2. J. Bartoszewicz, R. Kłosowiak, L. Bogusławski, The analysis of the flow structure in a jet at variable geometry of the reverse chamber, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 55 (11) (2012)
3. Commission Regulation of the European Union No. 327/2011.
4. Polish standard No. PN-81/M-42367.
5. T. Fodemski, *Pomiary cieplne [Thermal measurements]*, part I and II, WNT, Warsaw, 2006.
6. S. Fortuna, *Wentylatory [Fans]*, The Publishing house of AGH, Krakow, in Polish.
7. Polish standard No. PN-M-43011.
8. H. Koczyk, *Ogrzewnictwo praktyczne [Heating Technology Practice]*, SYSTHERM, Poznań, 2009, in Polish.
9. Polish standard No. PN-93/M-53950/01.
10. Polish standard No. PN-81/M-42366.
11. Polish standard No. PN-ISO 5221.

M.Sc. Eng. Natalia Lewandowska

Prof. Assoc. Eng. Michał Ciałkowski, Dr Eng. Ryszard Piątkowski, Prof. Assoc. Eng. Andrzej Frąckowiak

THE IMPACT OF VARIABLE CHANNEL GEOMETRY ON PRESSURE LOSS

One of the issues of sanitary installation designing is to determine pressure losses in the pipelines. Total pressure losses can be divided into local and linear losses. Local pressure loss is associated with elements of sanitary fittings such as elbows, tees, etc. Linear pressure loss is related with the length of pipelines. Diameter of pipelines is usually known and has constant value. The presentation will discuss the analytical method for the determination of pressure losses in pipelines of variable diameter. The change in diameter as a function of channel length has been described by a polynomial function. Results of the numerical analysis will be presented: simulations of water flow in pipelines with geometry described by the said function and different velocity values. Numerical results will be compared with analytical method.

In second part, there will be presented visualizations of the flow with different type of fluid (water, air and natural gas). Impact of fluid type on flow character will be considered. There will be analyzed cases with steady and non-stationary flow.

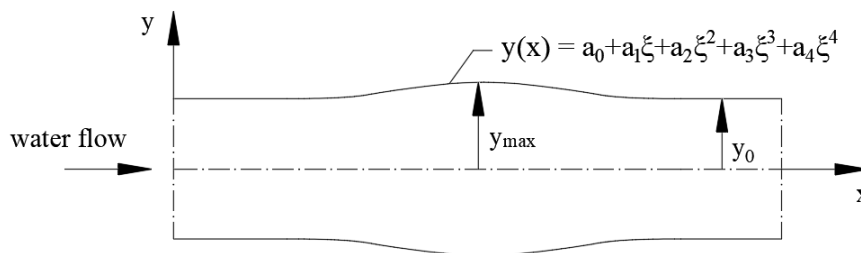


Fig. 1 Analytical description of channel geometry

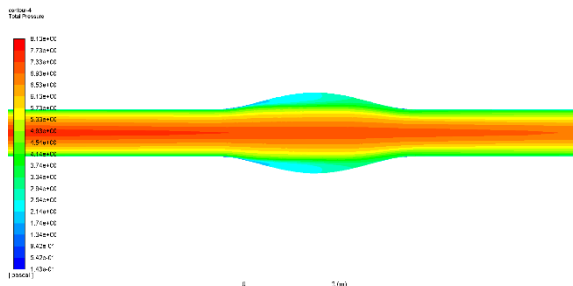


Fig. 2 Total pressure distribution in pipeline

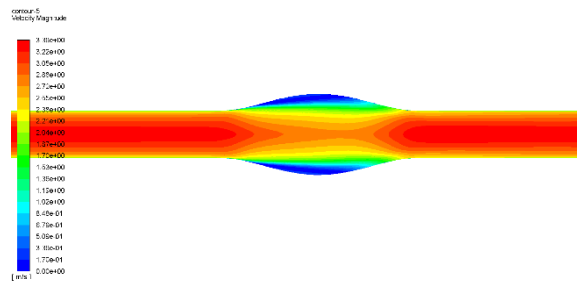


Fig. 3 Velocity distribution in pipeline

YDK 621.184.4

M.Sc.Eng. Wojciech Judt

Associate Professor Jarosław Bartoszewicz, D.Eng. Rafał Urbaniak

**NUMERICAL ANALYSIS OF A HEAT TRANSFER MODELING
IN ECONOMIZERS DEDICATED FOR MEDIUM POWER SOLID FUEL
HEATING BOILERS**

Heating boilers with nominal power equal to 250-300 kW, which are combusting a solid fuels reach a significant amount of waste heat. A temperature of exhaust gases in the outlet of the heating boiler can be equal to 270-300 °C. It means, that it is possible to recover some part of the waste heat in an external heat exchanger, which is commonly named as an economizer. The presentation contains a methodology of a heat transfer process calculation for this type of heat exchangers. Estimated waste heat, which can be recovered from this installation is equal to 25 kW. Additional heat exchanger implementation into a plant can increase an efficiency of solid fuel combustion process for a 10 percent.

Construction of a heat exchanger was calculated during analytical calculations. After that, analytical calculations were verified in numerical calculations. Numerical analysis of a heat exchanger model was realized in the ANSYS Fluent environment. During calculations, a shell-and-tube heat exchanger construction was analyzed.

Authors of the presentation analyzed a real temperature and velocity distribution for exhaust gases located on a shell side and for a water, which are located on a tube side of the economizer. Obtained results show, that a distribution of these parameters is not uniform. Numerical calculations allowed to model conditions of economizer steady state work for a whole volume of this construction.

STUDY ON MODERN TECHNOLOGY OF BIOMASS GASIFICATION DERIVED SYNTHESIS GASES COMBUSTION PROCESS

Considering climate changes and new emission standards designed to prevent them, modern combustion technologies as well as new fuels must be introduced to energy sector. One of the most promising renewable energy, non-carbon emission technology is biomass gasification.

Current scientific efforts connected with biomass gasification product gas utilization are focused on increasing of efficiency of further processes (combustion or transferring it to higher value products) and disposal of contaminations (dust, tars, nitrogen compounds, sulfur compounds) contained in generated product gas stream. Introduction of new low calorific fuels with organic pollutants like ammonia or pyridine require introduction of new or adjustment the existing combustion technologies. Therefore two stage volumetric combustion technology called Zonal Volumetric Combustion (ZVC) was proposed [1]. The technology is based on the principles of volumetric combustion process (called also HiTAC- High Temperature Air Combustion or Flameless Combustion) and allow to burn even very low heating value synthesis gases (even $3\text{MJ}/\text{Nm}^3$) with high efficiency and low emission of toxic compounds, especially nitric oxides and carbon monoxide.

The new features of ZVC is unique shape of combustion chamber and introduction of two stage combustion process of fuels. In first stage the supplied fuel is reacted in reducing primary zone with air excess ratio below stoichiometric conditions ($\lambda < 1$ insufficient amount of air to complete combustion process) while in the second zone incineration process of combustible reagents take place in air excess conditions ($\lambda > 1$). This approach results in low nitrogen oxides and unburned hydrocarbon emission as well as reduction of contaminations contained in product gas (proved reduction of certain aromatic hydrocarbons, ammonia and sulfur compounds contained in the gas fuel). The Fig.1a presents the scheme of two stage combustion system. The experimental data from investigations of different fuel compositions combustion with different content of ammonia and pyridine has shown that even for fuels with high content (up to 0.5%) of nitrogen compounds (NH_3 , $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$) the nitric oxides emission is below 600 ppm (referenced concentration of $\text{O}_2=0\%$) and conversion factor of fuel nitrogen bound to NO_x is below 20% (Fig. 1b) [1]

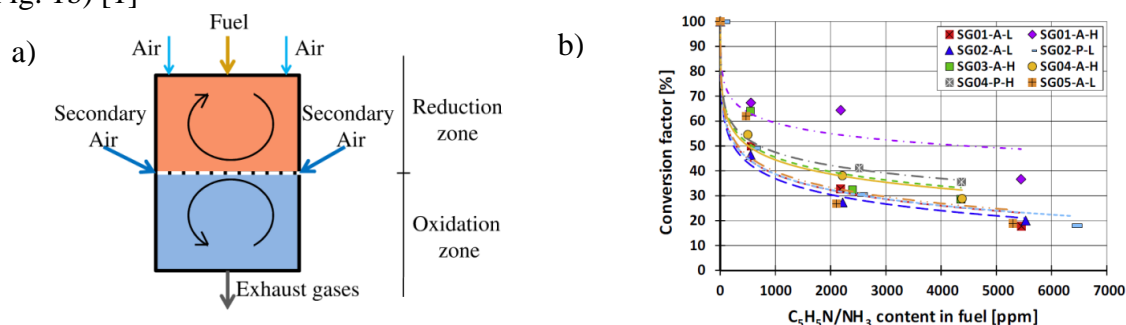


Fig. 1 a) Scheme of ZVC technology concept b) Conversion factor of $\text{NH}_3/\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ to NO_x where: SG01, SG02, SG03, SG04 and SG05 are designations of investigates fuels, A- ammonia content in the fuel, L- excess ratio of air in primary zone $\lambda=0,1$, H- excess ratio of air in primary zone $\lambda=0,6$

Reference list:

1. D. Szewczyk, R. Ślefarski, R. Jankowski, Analysis of the combustion process of syngas fuels containing high hydrocarbons and nitrogen compounds in Zonal Volumetric Combustion technology, Energy. 121 (2017) 716–725. doi:10.1016/j.energy.2017.01.040.

СПОСОБИ ЗДЕШЕВЛЕННЯ УТРИМАННЯ МАЗУТУ

Мазутне пальне використовується як основне джерело палива на котельнях власних потреб АЕС України.

В якості прикладу розглянемо Рівненську АЕС, використовують три мазутні резервуари по 250м³. При зберіганні мазут постійно підігрівається для зменшення в'язкості та перемішується. Підігрів здійснюється в кожухотрубних теплообмінниках. Джерело тепла – це пар з теплофікаційного відбору турбіни, при цьому постійно працюють мазутні насоси.

Мета статті – проаналізувати фактори, що впливають на власні потреби при зберіганні та підготовці мазуту.

Для мазуту в'язкість може бути зменшена шляхом підігріву (зменшення умовної в'язкості від температури), або додавання спирту чи дизельного палива до мазуту.

В основі розрахунку в'язкості лежить принцип адитивності впливу компонентів суміші на її кінцеві характеристики.

Таблиця 1 (для розрахунку в'язкості суміші мазуту з спиртом та дизельним паливом).

при $t=50^{\circ}\text{C}$

%	Мазут (мм ² /с)	Мазут + Спирт (мм ² /с)	Мазут + ДП (мм ² /с)
5	100	64,27	83,15
10	100	42,98	69,63
15	100	26,79	58,7
20	100	21,31	49,8

З аналізу таблиці 1 можемо побачити що додавання 5 % масових частин спирту до мазуту зменшує його в'язкість на ~ 35 % , відповідно добавка 5 % дизельного палива зменшує його в'язкість на ~ 16 %.

Максимально доцільною є добавка до 20 % спирту , тим самим зменшуючи умовну в'язкість мазуту на ~ 79 % .

Зміст

СЕКЦІЯ №1 Атомна енергетика	3
Теплогідравлічні процеси в системах примусового скиду тиску.	4
<i>ФЕДОРОВ Д.О., аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Туз В.О.</i>	
Математичне моделювання нейтронної активності (в потенційно ядерно-небезпечному скупченні) всередині комплексу НБК-ОУ.	5
<i>КАЛЬЯН Г.А., магістрант гр. ТЯ-71мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Носовський А.В.</i>	
Аналіз ефективності паливних циклів з використанням ТВЗ удосконаленої конструкції для реактора типу ВВЕР-1000.	6
<i>АДІЛЬШАЄВ Т. Т., магістрант гр. ТЯ-71мн</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Овдієнко Ю. М.</i>	
Визначення показників випробувань системи САОЗ ВД методом не лінійного прогнозування.	7
<i>БАРАНОВ Д.О., магістрант гр. ТЯ-71мн</i>	
<i>Керівник - асист. Остапенко І.А.</i>	
Шляхи підвищення ефективності паливних завантажень в реакторах типу ВВЕР.	8
<i>БАСЮК Р.В., студент гр. ТЯ-41</i>	
<i>Керівник - ст.вик., к.т.н. Кондратюк В.А.</i>	
Розрахунок внеску розсіяного випромінювання до потужності еквівалентної дози для системи контейнерів зберігання відпрацьованого ядерного палива.	9
<i>БЄЛИХ Д.О., магістрант гр. ТЯ-61м</i>	
<i>Керівник - ст. викладач, к.т.н. Кондратюк В.А.</i>	
Підвищення безпеки експлуатації ядерної установки з реактором ВВЕР-1000 шляхом модернізації імпульсно-запобіжного пристрою компенсатора тиску.	10
<i>БІДУН А.В., магістрант гр. ТЯ-72мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Організація контролю герметичності оболонок ТВЕЛ під час перевантаження палива.	11
<i>БОБОШКО В.Ю., магістрант гр. ТЯ-71мн</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Сахно О.В.</i>	
Використання двофазних термосифонів в системах пасивного відводу тепла реакторної установки ВВЕР-1000 .	12
<i>БОРТНІК М.І., магістр гр. ТЯ-71мн</i>	
<i>Керівник - доц., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Алгоритм виконання кваліфікації обладнання енергоблоку в цілях продовження терміну експлуатації.	13
<i>БРИЖУК Є.В., студент гр. ТЯ-41</i>	
<i>Керівник - асист. Гашимов А.М.</i>	
Аналіз концепцій зняття з експлуатації енергоблоків ВП ЮУ АЕС.	14
<i>БУРЛАКА А.В., студент гр. ТЯ-42</i>	
<i>Керівник - асист. Остапенко І.А.</i>	
Аналіз перехідних процесів при розриві трубопроводів першого контуру великого діаметра.	15
<i>ВОЙТКО Я.І., студент гр. ТЯ-41</i>	

<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Кондратюк В.А.</i>	
Порівняння нейтронно-фізичних характеристик палива ВВЕР та PWR.	16
<i>Волівач Т.І., студент гр. ТЯ-42</i>	
<i>Керівник - асс., к.т.н. Хоменков. В.П.</i>	
Оцінка технічної можливості впровадження системи зовнішнього охолодження корпусу реактора ВВЕР-440.	17
<i>ГАВЛІЧУК Д.В., студент гр. ТЯ-42</i>	
<i>Керівник - асист. Федоров Д.О.</i>	
Оцінка впливу сейсмічної дії на безпеку АЕС.	18
<i>ГАРАНЬ О.В., магістрант гр. ТЯ-61м</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Модернізація системи радіаційного контролю (СРК) АЕС.	19
<i>ГОЛОВЕНКОВ Д.О., магістрант гр. ТЯ-71мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Кондратюк В.А.</i>	
Модернізація з підйому теплової потужності до 3045 МВт на 1 блоці ВП ЮУ АЕС.	20
<i>ГОНЧАРУК В.Г., студент гр. ТЯ-42</i>	
<i>Керівник - асист. Гуменюк Д.В.</i>	
Оцінка технічного стану корпусу реактора ВВЕР 1000 з метою продовження строку експлуатації .	21
<i>ГОШТА М.О., магістрант гр. ТЯ-72мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Аналіз результатів досліджень нових корпусних сталей для реакторів ВВЕР-1000.	22
<i>ДАНИЛЕНКО В.С., студент гр. ТЯ-42</i>	
<i>Керівник - асист. Остапенко І.А.</i>	
Концепція консервації та радіаційно-захисні методи переробки і кондиціонування РАВ АЕС.	23
<i>ДАНИЛЮК В.А., студент гр. ТЯ-42</i>	
<i>Керівник - ст.викладач Кондратюк В.А.</i>	
Необходимость модернизации полномасштабных тренажеров и их влияние на качество обучения оперативного персонала украинских АЭС.	24
<i>ДЕНИСЮК Р.І., магістрант гр. ТЯ-72мп</i>	
<i>Керівник - асист. Остапенко І.А.</i>	
Шляхи розвитку атомної енергетики. Реактори малої потужності.	25
<i>ДОНСЬКИЙ Д.О., студент гр. ТЯ-41</i>	
<i>Керівник - ас. Гуменюк Д. В.</i>	
Особливості використання систем пасивної рекомбінації водню на АЕС з реакторними установками ВВЕР-1000.	26
<i>ДЯЧЕНКО А.Д., студент гр. ТЯ-42</i>	
<i>Керівник - асист. Серафим Р.І.</i>	
Проблематика сейсмостійкості та кваліфікації АЕС України.	27
<i>ЗАЦАРИННИЙ Р.В., студент гр. ТЯ-41</i>	
<i>Керівник - ас., н.в. Гуменюк Д.В.</i>	
Оцінка технічного стану теплообмінника системи розхолодження басейну витримки енергоблоку №3 ВП ЮУАЕС з метою продовження терміну експлуатації.	28
<i>ІВАНЕНКО Т.Г., магістрант гр. ТЯ-61м</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Обґрунтування розробки стратегії захисту населення при зареєстрованих аваріях на АЕС.	29

<i>ІВАНОВ З.В., магістрант гр. ТЯ-71мн</i> <i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Кондратюк В.А.</i>	
Аналіз безпеки приповерхневого сховища твердих радіоактивних відходів на етапі його експлуатації.	30
<i>ІЛЛІН О.М., студент гр. ТЯ-42</i> <i>Керівник - асист. Остапенко І.А.</i>	
Застосування статистичних методів щодо інженерно-технічних засобів системи фізичного захисту	31
<i>КАЙДИК Б.В., магістрант гр. ТЯ-61м</i> <i>Керівник - ст.викладач, к.т.н. Бібік Т.В., НЦДК ІЯД НАН України, к.ф.-м.н. Гаврилюк В.І., Провідний інженер, Драпей С.С.</i>	
Алгоритм вирішення проблем аварійних ситуацій, що пов'язані з протічками теплоносія другого контуру.	32
<i>КАЛАБСЬКИЙ В.В., студент гр. ТЯ-42</i> <i>Керівник - асист. Гашимов А.М.</i>	
Вплив розширення експлуатаційної межі по тиску першого контуру на детерміністичний аналіз безпеки АЕС.	33
<i>КАЛИТА І.А., магістрант гр. ТЯ-61м</i> <i>Керівник - асист., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Розробка компенсуючих заходів для обладнання систем важливих для безпеки АЕС, яке має статус "кваліфікація не встановлена".	34
<i>КАНСЬКИЙ О.М., магістрант гр. ТЯ-61м</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Оцінка можливостей енергоблоку в частині обмеження викиду продуктів ділення за межі гермооб'єму.	35
<i>КОЗИР Р.В., студент гр. ТЯ-42</i> <i>Керівник - асист. Серафим Р.І.</i>	
Зменшення водообміну при добовому регулюванні потужності.	36
<i>КОЗНЮК Д.В., магістрант гр. ТЯ-61м</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Носовський А.В.</i>	
Аналіз ефективності систем безпеки при розриві паропроводу в гермооб'ємі та визначення основних напрямків по ослабленню аварії.	37
<i>КОКОРСЬКИЙ А.Р., студент гр. ТЯ-41</i> <i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Кондратюк В.А.</i>	
Аналіз реалізації постфукусімських заходів для підвищення безпеки басейну витримки енергоблоку з ВВЕР-440.	38
<i>КОПЧИНСЬКА І.В., магістрант гр. ТЯ-71мн</i> <i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Визначення методів та обсягів роботи для продовження терміну експлуатації енергоблоку ХАЕС №1	39
<i>КОРЕНЮК Б.С., магістрант гр. ТЯ-71мн</i> <i>Керівник - асистент. Гуменюк Д.В.</i>	
Підходи до виконання розрахункового аналізу сейсмостійкості елементів АЕС з використанням методу граничної сейсмостійкості.	40
<i>КОРСУН Р.Т., магістрант гр. ТЯ-71мн</i> <i>Керівник - Сахно О.В.</i>	
Обґрунтування можливості живлення насосів САОЗ від МДГС в умовах довгострокового знеструмлення енергоблоку з реактором ВВЕР-440.	41
<i>КРАВЧУК Я.В., магістрант гр. ТЯ-71мн</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Захисні властивості контейнера для зберігання джерел нейтронного	

випромінювання.	42
<i>КУРПІЯНЧУК С.В., аспірант гр. ЛЕ-в71ф</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Шаблій Т.О.</i>	
Урахування впливу спектрального ефекту на зміну ізотопного складу при вигоранні палива ВВЕР-1000.	43
<i>КУХОЦЬКА О.В., студент гр. ТЯ-41</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Овдієнко Ю.М.</i>	
Модернізація системи продувки парогенератора для реактора типу ВВЕР.	44
<i>ЛОСЕНКО Д.П. магістрант гр. ТЯ-71мп</i>	
<i>Керівник - , к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Тепловий стан відпрацьованих паливних збірок реакторів ВВЕР-1000 в тимчасових сховищах сухого типу	45
<i>ЛУНЬОВ Д.І. 1 курсу, гр. НФ-11</i>	
<i>Доц., к.т.н. Альохіна С.В.</i>	
Заходи щодо підвищення надійності парогенераторів ПГВ-1000 на АЕС.	46
<i>ЛУТЧИН В.Б., магістрант гр. ТЯ-72мп</i>	
<i>Керівник - ст.викладач., к.т.н. Філатов В.І.</i>	
Оцінка аварійних сценаріїв пов'язаних з крихким руйнуванням корпусу реактора ВВЕР-1000.	47
<i>МАНДРИЧЕНКО К.Е., студент гр. ТЯ-42</i>	
<i>Керівник - асист. Серафин Р.І.</i>	
Зміст основних заходів в межах реалізації проекту остаточного закриття ЧАЕС.	48
<i>МЕЛЬНИЧУК С.П., магістрант гр. ТЯ-71мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Філатов В.І.</i>	
Інформаційне та проектне забезпечення зняття з експлуатації енергоблоку АЕС.	49
<i>МУХАМАДЄЄВ О.О., магістрант гр. ТЯ-72мп</i>	
<i>Керівник - ст.викладач., к.т.н. Філатов В.І.</i>	
Методи одержання додаткової води для ядерної енергетичної установки з реакторами ВВЕР-440.	50
<i>НАМСРАЙ П., студент гр. ТЯ-42</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Шляхи модернізація системи компенсації тиску для реакторів типу ВВЕР - 1000.	51
<i>НЕЧИПОРУК О.П., магістрант гр. ТЯ-71мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Філатов В.І.</i>	
Забезпечення підживлення ПГ в умовах повного знеструмлення АЕС для ВВЕР-440.	52
<i>ОДАРЧУК А.М., студент гр. ТЯ-41</i>	
<i>Керівник - асист. Федоров Д.О.</i>	
Аналіз безпеки при порушеннях нормальних умов експлуатації ВВЕР-1000 в умовах добового маневрування потужністю.	53
<i>ОНИЦУК Ю.А., магістрант гр. ТЯ-71мп</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Овдієнко Ю.М.</i>	
Заходи щодо продовження проектного терміну експлуатації енергоблоку ВВЕР-1000.	54
<i>ОСТАЛЬСЬКИЙ Д.М., магістрант гр. ТЯ-71мп</i>	
<i>Керівник - ст.викладач, к.т.н. Сахно О.В.</i>	
Наслідки стратегій керування важкими аваріями на ВВЕР-440.	55

<i>ПЕЧЕРИЦЯ І.О., магістрант гр. ТЯ-71мн</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Плазма как источник энергии будущего. Развитие физики плазмы в мире, достижения ученых в УТС. .	56
<i>ПОСПЕЛОВА П.С., студентка гр. ТЯ-51</i> <i>Керівник - доц., к.ф.- м.н. Лещенко Б.Ю.</i>	
Аналіз роботи систем САОЗ в умовах аварій.	57
<i>ПРИТИКА Є.В., студент гр. ТЯ-41</i> <i>Керівник - асист. Остапенко І.А.</i>	
Система віброшумової діагностики РУ ВВЕР-1000.	58
<i>ПРОКОПЧУК А.А., студент гр. ТЯ-41</i> <i>Керівник - ас., н.в. Федоров Д.О.</i>	
Алгоритмічний метод скорочення часу вимірювань дилатометричним термометром.	59
<i>РІЗНИЧЕНКО А.С., студент гр. ТЯ-62</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Федоров В.М.</i>	
Про економічну доцільність застосування турбінних витратомірів в якості вимірювачів масової витрати.	60
<i>РІЗНИЧЕНКО А.С., студент гр. ТЯ-62, Ятченко М.О., студент гр. ТЯ-61</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Федоров В.М.</i>	
Аналіз можливості виходу РУ на повторну критичність при підживленні ПГ від МНУ та стратегій по її подоланню.	61
<i>РИГА Д.О., студент гр. ТЯ-42</i> <i>Керівник - асист. Серафим Р.І.</i>	
Проблема забезпечення безпеки реакторів нового покоління.	62
<i>РУДЕНКО Ю.Ю., студент гр. ТЯ-41</i> <i>Керівник - ас., н.в. Гашимов А.М.</i>	
Обґрунтування забезпечення біологічного захисту при експлуатації сухого сховища витримки ядерного палива.	63
<i>САВЧУК М.В., студент гр. ТЯ-42</i> <i>Керівник - асист. Гашимов А.М.</i>	
Підвищення надійності експлуатації парогенераторів для реактору типу ВВЕР шляхом реалізації технологічної схеми відмивки ПГ з подачею відмивочного розчину по трубопроводах періодичної продувки.	64
<i>САВЧУК Ю.С., магістрант гр. ТЯ-71мн</i> <i>Керівник – ст. викл., к.т.н. Кондратюк В.А.</i>	
Використання змішаного ядерного палива для АЕС України.	65
<i>СІНЦИН В.Р., магістрант гр. ТЯ-71мн</i> <i>Керівник - ст. викл., к.т.н. Кондратюк В.А.</i>	
Забезпечення підживлення і охолодження басейну витримки в умовах тривалого повного знеструмлення блоку №4 РАЕС.	66
<i>СТЕЛЬМАХ Д. І., магістрант гр. ТЯ-71мн</i> <i>Керівник - ст. викл., доц. . Коньшин В.І</i>	
Аналіз можливості надійного забезпечення працездатності ШРУ-А в внутрішніх та зовнішніх впливів.	67
<i>СТЕПАНЮК В.П., магістрант гр. ТЯ-71мн</i> <i>Керівник - ст. викл., к.т.н. Сахно О.В.</i>	
Застосування розрахункового коду Serpent для моделювання підкритичних ядерних реакторів керованих зовнішнім джерелом нейтронів.	68
<i>ТРОФИМЕНКО О.Р., магістрант гр. ТЯ-71мн</i>	

<i>Керівник - професор., д.т.н. Носовський А.В.</i>	
Оценка начальной динамики переходного процесса при заклинивании вала ГЦН-195М.	69
<i>ФІЛОНОВ В.В., магістрант гр. ТЯ-61м</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Кондратюк В.А.</i>	
Оценка динамики ударной волны при обрыве циркуляционной петли ВВЭР-1000.	70
<i>ФІЛОНОВ В.В., магістрант гр. ТЯ-61м; ФІЛОНОВА Ю.С., магістрант гр. ТЯ-61м</i>	
<i>Керівник - Зав.від. р.м., к.т.н. Дубик Я.Р.</i>	
CFD модель охладження выгордки ВВЭР-1000 для оценки распухания.	71
<i>ФІЛОНОВА Ю.С., магістрант гр. ТЯ-61м</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Кондратюк В.А.</i>	
Комп'ютерне моделювання тепло гідравлічних процесів каналах реактора ВВЕР-1000 відповідно до умов розвитку аварії «Вихід з ладу мех. ущільнення вала ГЦН»	72
<i>ФІЛОНЮК А.К магістрант гр. ТЯ-72мп</i>	
<i>Керівник – проф., д.т.н. Носовський А.В.</i>	
Впровадження Концепції "Теча перед руйнуванням" для ГЦТ першого контуру енергоблоків ВП"ЗАЕС".	73
<i>ХАРЧЕНКО А.С., студент гр. ТЯ-41</i>	
<i>Керівник - ас., Остапенко І.А.</i>	
Аналіз специфіки зберігання відпрацьованого ядерного палива сухого типу для АЕС.	74
<i>ХОМЕНКО Д.О., магістрант гр. ТЯ-72мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Кондратюк В.А.</i>	
Аналіз заходів щодо модернізації систем радіаційного контролю АЕС.	75
<i>ШАРУН В.І., магістрант гр. ТЯ-71мп</i>	
<i>Керівник - ст.викладач, к.т.н. Сахно О.В.</i>	
Визначення консервативних припущень при обґрунтуванні ядерної безпеки систем зберігання відпрацьованого ядерного палива.	76
<i>ШОЛУДЬКО М.С., магістрант гр. ТЯ-71мп</i>	
<i>Керівник - професор., д.т.н. Носовський А.В.</i>	
Система пасивного охолодження відпрацьованого ядерного палива з застосуванням двофазних термосифонів.	77
<i>СОЛОМЧЕНКО М.А., магістр гр. ТЯ-31м</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Алгоритмічний метод підвищення точності турбосилового витратоміра.	78
<i>ЯТЧЕНКО М.О., студент гр. ТЯ-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Федоров В.М.</i>	
Моделювання процесу перебігу запроектої аварії для транспортної системи ВЯП HI-STAR.	79
<i>ЯЦЕНКО М.В., магістрант гр. ТЯ-61м</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Носовський А.В.</i>	
Особенности замены ТВЗ российского производства на ТВЗ американской компании "Westinghouse".	80
<i>ЯЦЮК О.А., студент гр. ТЯ-42</i>	
<i>Керівник - асистент., к.т.н. Хоменков В.П.</i>	
Аналіз роботи системи підживлення-продувки і борного регулювання ВВЕР-1000 з урахуванням наявних перетоків теплоносія.	81

Сидорук А.Л., магістрант гр. ТЯ-71мп
Керівник – ас.. Овдієнко Ю.М.

СЕКЦІЯ №2 Теплообмін і гідродинаміка в теплопередаючих пристроях і енергетичних установках	82
Нейтронно-фізичні методи визначення поля енерговиділення в активній зоні ВВЕР-1000.	83
<i>ШЛАПАК І.І., аспірант</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Носовський А.В.</i>	
Тепломасообмін і гідродинаміка в мікроканалах криогенної техніки.	84
<i>ЛИТВИНЕНКО М.П., аспірант</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Туз В.О.</i>	
Теплообмін та аеродинаміка пучків гвинтових труб .	85
<i>АНДРУСІК Н.Ю., магістрант гр. ТФ-61м</i> <i>Керівник - ст.викл, к.т.н. Баранюк О.В.</i>	
Установка для дослідження теплообміну та аеродинаміки краплеподібної труби.	86
<i>БАЖУРА М.В., магістрант гр. ТФ-71мп; асистент СЕМЕНЯКО О.В.</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Шевель Є.В.</i>	
Вплив геометрії поглиблення гофрованої поверхні на структуру течії та інтенсивність теплообміну в трубі.	87
<i>БАСКОВА О.О., аспірант</i> <i>Керівник - проф., д.ф.-м.н. Воропаєв Г.О.</i>	
Акутальність проблеми розробки засобів тепловідведення від потужних приймально-передавальних модулів АФАР РЛС.	88
<i>БИКОВ Е.Б., студент гр. ТК-51</i> <i>Керівник - пр.н.спів., д.т.н. Ніколаєнко Ю.Є.</i>	
Теплоаеродинамічна ефективність труб краплеподібної форми.	89
<i>БОНДАР В.А., магістрант гр. ТФ-61м</i> <i>Керівник - асистент Семеняко О.В.</i>	
Вплив властивостей теплоносія на теплопередаючі характеристики термосифона.	90
<i>БУРДЬ Р.Г., студент гр. ТФ-41</i> <i>Керівник - доц., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Вплив властивостей теплоносія на теплопередаючі характеристики мініатюрних теплових труб.	91
<i>БУЦУЛА Я.О., студентка гр. ТФ-41</i> <i>Керівник - доц., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Методи енергозбереження приватного будинку.	92
<i>ВОЛЧИНСЬКИЙ К.В., студент гр. ТФ-41</i> <i>Керівник - асист. Піцина І.Г.</i>	
Особливості проектування теплообмінників мікрокриогенних установок на неазеотропній суміші хладагентів.	93
<i>ГЛУШКО І.В., студент гр. ТФ-41</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Лебедь Н.Л.</i>	
Вплив геометричних факторів на теплопередавальні характеристики МТТ.	94
<i>ГРОНЬ С.С., студент гр. ТФ-41</i> <i>Керівник - доцент., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	

Теплопередающие характеристики двухфазных термосифонов с наножидкостью на основе углеродных нанотрубок.	95
<i>ГУРОВ Д.И., магістрант гр. ТФ-71мн; БЕХМАРД Г., аспірант</i>	
<i>Керівник - доц., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Пути повышения энергоэффективности Украины.	96
<i>ГУРОВ Д.И., магістрант гр. ТФ-71мн</i>	
<i>Керівник - доц., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Експериментальне визначення коефіцієнта теплопровідності рідкого керамічного теплоізоляційного покриття.	97
<i>ДЕНИСЕНКО А.О., студент гр. ТЯ-62</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Тимошенко О.В.</i>	
Методи вимірювання параметрів плівкової течії.	98
<i>ДЯДЮШКО Є.В., магістрант гр. ТФ-71мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Лебедь Н.Л.</i>	
Теплові характеристики гнучкого термосифону при зміні його орієнтації в просторі.	99
<i>ЖУРАКІВСЬКИЙ А.В., студент гр. ТФ-41</i>	
<i>Керівник - доцент., к.т.н. Шевель Є.В.</i>	
Повітряне охолодження потужних приймально-передавальних модулів АФАР РЛС.	100
<i>КОНЬКО Д.В., студент гр. ТФ-51</i>	
<i>Керівник - пр.н.спів., д.т.н. Ніколаєнко Ю.Є.</i>	
Особливості математичного моделювання дроселя низькотемпературного циклу Джоуля-Томсона.	101
<i>ЛЕТЕНКО Д.Е., студент гр. ТФ-41</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Семеняко О.В.</i>	
Применение вихревого эффекта для аварийного охлаждения тепловыделяющих элементов.	102
<i>ЛІПНІЦЬКИЙ Л.В., студент гр. ТФ-51</i>	
<i>Керівник - доцент, д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Інтенсивність тепловіддачі у зоні нагріву мініатюрних теплових труб.	103
<i>ЛОСІНЕЦЬ Д.М., студентка гр. ТФ-41</i>	
<i>Керівник - доц., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Процессы кипения жидкости в насыщенных капиллярных структурах в условиях ограниченного пространства.	104
<i>МЕЛЬНИК Р.С., аспірант</i>	
<i>Керівник - доц., д.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Особливості визначення коефіцієнту теплопровідності низькотемпературної ізоляції.	105
<i>МОГИЛЬНИЙ А.О., студент гр. ТФ-41</i>	
<i>Керівник - асист. Семеняко О.В.</i>	
Моделювання системи теплозабезпечення будівлі на базі системи активного утеплення-опалення та охолодження.	106
<i>МОРДАС Р.В., магістрант гр. ТФ-61м</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Лебедь Н.Л.</i>	
CFD-моделювання повздовжнього обтікання труби з спіральнопроволочним інтенсифікатором.	107
<i>ОЛІЙНИК В.С., студент гр. ТФ-41</i>	
<i>Керівник - ст. викл., к.т.н. Баранюк О.В.</i>	
Вплив орієнтації в просторі алюмінієвих теплових труб на граничні теплові потоки .	108
<i>РОЗУМ Т.В., магістрант гр. ТФ-61м</i>	

<i>Керівник - доц., к.т.н. Шевель Є.В.</i>	
Конструкції перетворюваного об'єму.	109
<i>СТАРОВІТ І.С., студент гр. ТФ-41</i>	
<i>Керівник - асист. Семеняко О.В.</i>	
Моделювання теплового стану наносупутника.	110
<i>СТАРОВІТ І.С., студент гр. ТФ-41</i>	
<i>Керівник - асист. Семеняко О.В.</i>	
Вплив довжини зони нагріву на теплопередаючі характеристики мініатюрного термосифона.	111
<i>ЧЕРВОНЮК А.О., студент гр. ТФ-41</i>	
<i>Керівник - доц., д.т.н. Лебедь Н.Л.</i>	
Обґрунтування вибору робочої рідини, яка використовується в повітроохолоджувачі кріотерапевтичного апарату.	112
<i>ЧОРНИЙ П.В., студент гр. ТФ-41</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Лебедь Н.Л.</i>	
Реконструкція парових котлів з переведенням у водогрійний режим і організацією спалювання відходів деревообробки в низькотемпературному киплячому шарі.	113
<i>БАЙДА І.В., магістрант гр. ТК-71мп</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Воробйов М.В.</i>	
Методи зниження оксидів азоту при спалюванні органічних палив.	114
<i>БРОЙ Б.Ю., студент гр. ТК-41</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Мариненко В.І.</i>	
Удосконалення котла НІСТ-5 з метою підвищення ККД.	115
<i>Гриценко О.В., магістрант гр. ТК-71мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Мариненко В.І.</i>	
Напрямок реконструкції пиловугільних котлів при переведенні на інший вид палива.	116
<i>ГРЯЗЕВ Д.С., магістрант гр. ТК-61м</i>	
<i>Керівник - професор., д.т.н. Туз В.О.</i>	
Теплотехнічні випробування водогрійних котлів малої потужності .	117
<i>Дорош Р.В., студент гр. ТК-41</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Сумісне спалювання вугілля та біомаси .	118
<i>Дяченко М.О., студент гр. ТК-41</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Проблеми надійності роботи контурів природньої циркуляції котлів малої паропродуктивності.	119
<i>КОЛОДІН С.В., магістрант гр. ТК-71мп</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Туз В.О.</i>	
Сонячний підігрівач води на основі двофазного термосифону з плоскою поглинаючою панеллю.	120
<i>КУЛИНИЧ В.С., магістрант гр. ТК-71мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Мариненко В.І.</i>	
Аналіз методів хімічного очищення води.	121
<i>НЕДІЛЬКО А.В., студент гр. ТК-41</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Новаківський Є.В.</i>	
Можливості реконструкції котлів, що відпрацювали заводський ресурс.	122
<i>ОВЧАРЕНКО Є.С., студент гр. ТК-41</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Мариненко В.І.</i>	
Реконструкція промислових котлів під спалювання біомаси.	123

<i>ОЛЕШКО П.О., магістрант гр. ТК-71мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Новаківський Є.В.</i>	
Заміщення природного газу деревною тріскою шляхом реконструкції топков котлів на шарове механічне спалювання.	124
<i>ОЛЕШКО А.В., магістрант гр. ТК-71мп</i> <i>Керівник - асист., к.т.н. Воробйов М.В.</i>	
Сонячний підігрівач води на основі двофазного термосифону з параболічною поглинаючою панеллю.	125
<i>ОСТРОВСЬКИЙ Ю.В., магістрант гр. ТК-71мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Мариненко В.І.</i>	
Реконструкція промислових котлів під спалювання біомаси.	126
<i>ПРОКОПЕНКО С.М., магістрант гр. ТК-71мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Новаківський Є.В.</i>	
Можливості використання водовугільного палива в енергетиці України.	127
<i>Рябцун Р.С., студент гр. ТК-41</i> <i>Керівник - асист., к.т.н. Воробйов М.В.</i>	
Розрахунок параметрів димових газів вугільних теплових електростанцій на основі характеристик твердого палива.	128
<i>СТЕПАНСЬКИЙ С.В., студент гр. ТК-41</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Мариненко В.І.</i>	
Передтопок-запальник для утилізації пилу грубого помелу.	129
<i>СУШКОВ Ю.О., студент гр. ТК-41</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Косячков О.В.</i>	
Інтенсифікація теплообміну економайзерної поверхні.	130
<i>КУЧИНСЬКА І.М., магістрант гр. ТК-71мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Безпека комп'ютерних мереж з динамічною адресацією за протоколом ІР.	131
<i>ТИШКОО.Ю., магістрант гр. ТК-61м</i> <i>Керівник - к.т.н. Філатов В.І.</i>	
Актуальність створення програмного забезпечення для зонального розрахунку теплообміну в топці котла.	132
<i>ПАЛІЙЧУК Р.Ф., студент гр. ТК-51</i> <i>ШАРОВ Д.О., студент гр. ТК-51</i> <i>Керівник - професор., д.т.н. Туз В.О.</i>	
Порівняльний аналіз теплоаеродинамічних характеристик економайзерних поверхонь нагріву.	133
<i>Янушевський В.А., магістрант гр. ТК-61м</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Камери згоряння твердопаливних котлів малої паропроодуктивності.	134
<i>ЦИБРОВСЬКИЙ О.В., магістрант гр. ТК-71мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
 СЕКЦІЯ №3 Сучасні технології в тепловій енергетиці	 135
 Метод очистки димових газів за допомогою установки "Chilled Ammonia Process".	 136
<i>АНИКЕЄВ Т.Ю., студент гр. ТС-42</i> <i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Нікуленкова Т.В.</i>	

Чинники що визначають вироблення електроенергії теплофікаційними турбінами на тепловому потоці.	137
<i>БАЙБАРЗА А.Т., магістрант гр. ТС-61м</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Побіровський Ю.М.</i>	
Граничні умови теплообміну для ротора високого тиску вологопарової турбіни потужністю 1000 МВт.	138
<i>БЕДНАРСЬКА І.С., магістрант гр. ТС-61м</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Нікуленкова Т.В.</i>	
Дослідження надійності та ресурсу трубопроводів.	139
<i>БОКОВ Д.С., студент гр. ТС-41</i>	
<i>Керівник - проф., к.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Модернізація конденсаційних установок.	140
<i>БОНДАР О.О., студент гр. ТС-41</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Нікуленкова Т.В.</i>	
CFD-моделювання теплогідравлічних характеристик пластинчастого теплообмінного апарата.	141
<i>ВІВТЮК О.А., студент ФЕА гр. ЕС-42</i>	
<i>Керівник - асистент, к.т.н. Рачинський А.Ю.</i>	
Моделювання процесу піролізного розкладання сировини рослинного походження у газогенераторній камері твердопаливного побутового котла.	142
<i>ГАЛДІНОВ М.В., магістрант гр. ТС-61м</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Риндюк Д.В.</i>	
Основні етапи при моделюванні процесу піролізного розкладання сировини рослинного походження у твердопаливних побутових котлах	143
<i>ГАЛДІНОВ М.В., магістрант гр. ТС-61м</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Риндюк Д.В.</i>	
Моделювання процесу теплообміну в жаротрубному елементі твердопаливних побутових котлів.	144
<i>ГАЛДІНОВ М.В., магістрант гр. ТС-61м</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Риндюк Д.В.</i>	
Основні етапи при моделюванні процесу піролізного розкладання сировини рослинного походження у твердопаливних побутових котлах	145
<i>ГАЛДІНОВ М.В., магістрант гр. ТС-61м</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Риндюк Д.В.</i>	
Використання теплоти відхідних продуктів згоряння палива в теплонасосних установках .	146
<i>ГОРОХОВА М.В., студент гр. ТС-42</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Малозатратні шляхи підвищення ефективності роботи ТЕЦ.	147
<i>ГОРСЬКИЙ В.В., магістрант гр. ТС-61м</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Кєсова Л.О.</i>	
Валідація результатів CFD-моделювання течії і теплообміну при поперечному омиванні шахових пучків труб.	148
<i>ДІДИК М.Ю., студент гр. ТФ-41</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Баранюк О.В.</i>	
Використання адитивних технологій в теплоенергетиці.	149
<i>ДОРОФІЙ П.С., магістрант гр. ТС-61м</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Кєсова Л.О.</i>	
Ефективність впровадження гідромуфт для регулювання продуктивності відцентрових насосів.	150
<i>ЗАДОРОЖНЯ А.О., студентка гр. ТС-41</i>	

<i>Керівник - проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Оцінка ефекту реконструкції теплових мереж.	151
<i>ЗАПІРКА О.І., магістрант гр. ТС-71мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Можливості підвищення ефективності турбоустановок.	152
<i>КОБИЛЯНСЬКА О.О., студент гр. ТС-41</i>	
<i>Керівник - ст.викладач., к.т.н. Сірий О.А.</i>	
Масообмінні характеристики системи стабілізатор-виїмка.	153
<i>КОВАЛЬЧУК В.А., магістрант гр. ТС-61м; МОРОЗ О.С., магістрант гр. ТС-61м</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бутовський Л.С.</i>	
Перспективні технології в альтернативній енергетиці.	154
<i>КОСТРИКІНА Ю.С., студентка гр. ТС-42</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Меренгер П.П.</i>	
Досвід Південної Африки в галузі поновлювальних джерел енергії.	155
<i>КОЦЮБА О.А., студент гр. ТС-61-2</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Перспективи достатності генеруючих потужностей в енергобалансі ОЕС України.	156
<i>КУЄК Ю.О., студент гр. ТС-61-1</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Область ефективного використання механічної відцентрової форсунки для утилізації теплоти .	157
<i>ЛАСКУТОВ В.А., студент ІЕЕ гр.ОМ-42</i>	
<i>Керівник - асистент, к.т.н. Рачинський А.Ю.</i>	
Концепція п'єзоелектрики, як технології майбутнього у повсякденному житті людини .	158
<i>ЛИТВИН Д.В., студент гр. ТС-61-2</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Технологія спалювання з використанням плазми для зменшення викидів NOx в промислових пальниках.	159
<i>ЛИТВИНЕНКО М.О., студент гр. ТС-41</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Побіровський Ю.М.</i>	
Ядерний реактор майбутнього.	160
<i>МАЗУР В.П., студент гр. ТС-61-2</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Переведення теплофікаційних турбін в режим роботи з триступінчатим підігрівом мережевої води.	161
<i>МАЗУРЧУК С.А., магістрант гр. ТС-71мн</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Побіровський Ю.М.</i>	
Розроблення теплової схеми мікроенергетичного комплексу.	162
<i>МАРИСЮК Б.О., студент гр. ТС-42</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Термоядерний реактор-стелларатор - майбутнє світової енергетики.	163
<i>МЕЛЬНИК А.І., студент гр. ТС-61-2</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Вплив режимних параметрів на термічний та термонапружений стан циліндричної труби .	164
<i>КОВАЛЬЧУК В.А., магістрант гр. ТС-61м; МОРОЗ О.С., магістрант гр. ТС-61м</i>	
<i>Керівник - зав. каф. ТЕУТ та АЕС, проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Підвищення енергоефективності паливних установок	

електроактивацією молекул-реагентів реакції горіння.	165
<i>НАУМЕНКО Д.А., студент гр. ТС-41</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Сірий О.А.</i>	
Дослідження скорочення викидів NOx при спалюванні пропану.	166
<i>НАУМЕНКО Д.А., студент гр. ТС-41</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Сірий О.А.</i>	
Сучасні види накопичувачів електричної енергії.	167
<i>ОМЕЛЬЧУК Е.О., студент гр. ТЯ-51</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Грановська О.О.</i>	
Економічність паротурбінних установок після модернізації системи кінцевих ущільнень.	168
<i>ПЕТРОВЕЦЬ С.О., студент гр. ТС-51</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Пешко В.А.</i>	
Технологічні методи зниження викидів оксидів азоту (NOx).	169
<i>ПІЧКОВСЬКИЙ С.Г., студент гр. ТС-41</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Сірий О.А.</i>	
Переведення пиловугільних енергоблоків ТЕС України що спалюють антрацит на газове вугілля.	170
<i>СТЕЦЕНКО В.В., студент гр. ТС-41</i>	
<i>Керівник - Меренгер П.П.</i>	
Перспективи виробництва електроенергії на ТЕЦ.	171
<i>ТІШЕНКО Є.Д., студент гр. ТС-41</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Переваги модернізації схеми пуску блоку Т-250/300-240 на турбоприводі при його живленні парою сторонного джерела.	172
<i>ТКАЧЕНКО О.О., магістрант гр. ТС-71мн</i>	
<i>Керівник - , д.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Стан та шляхи утилізації твердих побутових відходів.	173
<i>ТКАЧЕНКО А.В., студент гр. ТС-61-2</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Екологічні аспекти в енергетичній галузі.	174
<i>ТКАЧОВ В.І., студент гр. ТС-41</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Тенденції технічного переозброєння енергетичної галузі України.	175
<i>ФЕРШАЛ А.М., студент гр. ТС-61-1</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Основні аспекти підвищення енергоефективності та енергозбереження України.	176
<i>ШАДРІН К.О., студент гр. ТС-41</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Сучасні методи очистки димових газів теплових електростанцій від діоксида вуглецю.	177
<i>ШЕВЧЕНКО В.А., магістрант гр. ТС-42</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Грановська О.О.</i>	
Безпека електростанцій - запорука надійності енергетичної галузі.	178
<i>ШКУТА М.Ю., студент гр. ТС-61-1</i>	
<i>Керівник - асист. Шелешей Т.В.</i>	
Підвищення ефективності роботи мережевих підігрівачів.	179
<i>ЩЕРБАНЬ І.Р., магістрант гр. ТС-71мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Побіровський Ю.М.</i>	

СЕКЦІЯ №4 Проблеми теоретичної і промислової теплотехніки	180
Конденсаційний режим роботи жаротрубного котла в високотемпературній (95/70 с) системі опалення.	181
<i>БАРАБАШ В.П.</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i>	
Сучасні виклики паливно-енергетичного комплексу та задачі щодо їх подолання.	182
<i>КАПУСТЯНСЬКИЙ А.О., аспірант</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Варламов Г.Б.</i>	
Вплив діаметра та матеріала горизонтальної циліндричної насадки на відстань між штучними бурульками..	183
<i>ПОСТОЛЕНКО А.М., аспірант</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i>	
Динамічні моделі для визначення енергопотреби на охолодження будівель.	184
<i>ГЕТМАНЧУК Г.О., студент гр. ОТ -41; БІЛОУС І Ю., асистент</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Дешко В.І.</i>	
Моделювання міні ГЕС в програмному середовищі RETScreen 4.	185
<i>ПЄЛЄВІН А.С., магістрант гр. ОТ-61м</i> <i>Керівники - доц., к.т.н. Дубровська В.В., доц., к.т.н. Шкляр В.І.</i>	
Удосконалення конструкції печей для переплавки алюмінієвого брухту.	186
<i>БОЯНІВСЬКИЙ В.П., магістрант гр. ТП-61м</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Про деякі можливості скорочення енерговитрат в сучасних підприємствах хімічної та цукрової промисловості в Україні і світі.	187
<i>ГАЙДАЙ І.В., магістрант гр. ТП-71мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Моделювання процесу теплообміну в економайзері для глибинного охолодження димових газів за допомогою програмного забезпечення Solid Works.	188
<i>ГЕЛЕТУХА С.Г., магістрант гр. ТП-61м</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Назарова І.О.</i>	
Аналіз теплопередачі в будівлях з льодяними огорожами буферних зон.	189
<i>ЖИВИЦЯ К.О., магістрант гр. ТП-61м</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i>	
Експрес-методика визначення середньомасової температури вуглеграфітових виробів в печах графітування за технологією Кастнера.	190
<i>ІВАНЕНКО Д.О., магістрант гр. ТП-61м</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Експериментальні дослідження формування бурульок на пластикових і льодяних круглих поверхнях різної орієнтації.	191
<i>КОЛОТЕНКО М.О., магістрант гр. ТП-61м</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i>	
Головні особливості опалення котеджного будинку керамічними електронагрівачами.	192
<i>КОШМАК О.Р., магістрант гр. ТП-61м</i> <i>Керівник - проф., д.т.н. Варламов Г.Б.</i>	

Підвищення ефективності теплогенератора АОМ за рахунок конструктивних змін.	193
<i>ОСИПЕНКО Є.О., магістрант гр. ТП-61м; МАРЧЕНКО Г.С., гр. - Керівник - проф., д.т.н. Варламов Г.Б.</i>	
Вплив температурного графіка на роботу системи тепlopостачання.	194
<i>ОЧЕРЕТЯНКО М.Д., магістрант гр. ТП-61м Керівник - асист., к.т.н. Соломаха А.С.</i>	
Моделювання впливу параметрів оребрення на інтенсивність теплообміну при течії рідини в трубі.	195
<i>ПЕТРЕЧУК А.Л., магістрант гр. ТП-61м Керівник - доц., к.т.н. Барабаш П.О.</i>	
Методи інтенсифікації теплообміну в апаратах повітряного охолодження.	196
<i>СІКОРСЬКИЙ В.О., магістрант гр. ТП-61м Керівник - доц., к.т.н. Барабаш П.О.</i>	
Застосування апаратів повітряного охолодження на компресорних станціях нафтопереробної промисловості.	197
<i>СІКОРСЬКИЙ В.О., магістрант гр. ТП-61м Керівник - доц., к.т.н. Барабаш П.О.</i>	
Розробка ефективної теплонасосної системи (ТНС) кондиціонування для підтримання комфортних умов в виробничих приміщеннях.	198
<i>ЦВЕТКОВА М.О., магістрант гр. ТП-61м; ПРИТУЛА Н.О., канд. техн. наук, асистент. Керівник - проф., д.т.н. Безродний М.К.</i>	
Підвищення ефективності котелень за рахунок утилізації теплоти димових газів .	199
<i>ЄРОХІН О.О., магістрант гр. ТП-361м Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Система захисту від перегрівання приміщень влітку через вікна та вітражі пасивних систем сонячного опалення.	200
<i>МАХРОВ М.А., магістрант гр. ТП-71м Керівник - проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i>	
До Другого закону термодинаміки.	201
<i>МІСЮРА Т.О., магістрант гр. ТП-71м Керівник - доц., к.т.н. Куделя П.П.</i>	
Термодинамічна ефективність утилізації теплоти атмосферного повітря і сонячної енергії у теплонасосній схемі опалення.	202
<i>МІСЮРА Т.О., магістрант гр. ТП-71м; ПРИТУЛА Н.О., гр. - Керівник - проф., д.т.н. Безродний М.К.</i>	
Ефективність застосування теплових насосів для глибокої утилізації теплоти відхідних газів котлів.	203
<i>ОНІСІМЧУК О.В., магістрант гр. ТП-71м Керівник - проф., д.т.н. Безродний М.К.</i>	
Енергозбереження: проблема якості енергії.	204
<i>ОСЛОВСЬКИЙ С.О., магістрант гр. ТП-71м Керівник - доц., к.т.н. Куделя П.П.</i>	
Система теплонасосного опалення, що використовує теплоту атмосферного повітря та стічних вод будинку, її термодинамічна ефективність.	205
<i>ОСЛОВСЬКИЙ С.О., магістрант гр. ТП-71м; ПРИТУЛА Н.О., гр. - Керівник - проф., д.т.н. Безродний М.К.</i>	
Акумулятор холоду.	206

<i>СЕМЕНЮК М.І., магістрантка гр. ТП-71мп</i>	
<i>ЕМІШЬЯН А.С., магістрантка гр. ТП-71мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Генератор для отримання льоду в блоках з використанням природного або штучного холоду.	207
<i>ШЕКЕЛЬ Є.А., магістрант гр. ТП-371 мп.,</i>	
<i>Керівник – проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i>	
Проблема захоронення сміття (твердих побутових відходів) в Україні .	208
<i>ЗІНЧЕНКО А.О., студент гр. ТП-41</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Голяд М.Н.</i>	
Високоєфективні установки для тепло- і вологісного оброблення повітря.	209
<i>ЛИМОНЧЕНКО А.Р., студент групи ТП-41</i>	
<i>Керівники - доц., к.т.н. Боженко М.Ф., інж. Ляпкін А.Є.</i>	
Термоелектричні явища та їх практичне використання .	210
<i>ЛЮ Я., студент гр. ТП-42</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Барабаш П.О.</i>	
Перспективи знешкодження твердих побутових відходів (ТПВ) в Україні .	211
<i>МАГДИЧ В.П., студент гр. ТП-41</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Голяд М.Н.</i>	
Консервування енергетичного обладнання методом продувки сухим повітрям.	212
<i>МАЙСТРЕНКО О.О., студент гр. ТП-41</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Безродний М.К.</i>	
Про можливість застосування захисних покриттів при реконструкції котельної установки для ВДНГ в м. Києві..	213
<i>МАРКУЛАН Е.В., студент гр. ТП-41</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Основні особливості переведення вугільного котла на спалювання природного газу.	214
<i>МУХІН М.С., студент гр. ТП-41</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Варламов Г.Б.</i>	
Вдосконалення тепломеханічного обладнання Зміївської паперової фабрики.	215
<i>НЕСТЕРЕНКО Л.В., студент гр. ТП-41</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Перспективи використання біопалива в Україні.	216
<i>ОПАНАСЮК І.Ю., студент гр. ТП-41</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Соломаха А.С.</i>	
Дослідження гідравлічного опору при течії двофазного потоку у вертикальній трубі.	217
<i>ПАНЧЕНКО О.О., студент гр. ТП-42</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Барабаш П.О.</i>	
Оцінка ефективності утилізації теплоти вентиляційних викидів громадських будівель.	218
<i>СЕМИДОЦЬКА О.С., студентка гр. ТП-42</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Оцінка ефективності теплового насосу в залежності від різниці температур джерел теплоти.	219
<i>СОВІНСЬКИЙ М.В., студент гр. ТП-42</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Соломаха А.С.</i>	

Моделювання аеродинамічних процесів у пальниках трубчастого типу.	220
<i>У Ц., студент гр. ТП-42</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Варламов Г.Б.</i>	
Тепловіддача при псевдо краплинній конденсації суміші водяних парів етанолу на горизонтальних фібрилізованих трубках .	221
<i>ДУБ'ЯГА Д.О. студент гр. ТП-51</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С..</i>	
Кожухопласинчасті теплообмінні апарати.	222
<i>ОЛІЙНИК Б.В., РУДЕНКО С.В. студенти гр. ТП-51</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С..</i>	
Кожухопласинчасті теплообмінні апарати. Частина 2. Галузі застосування.	223
<i>РУДЕНКО С.В., ОЛІЙНИК Б.В. студенти гр. ТП-51</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С..</i>	
Про особливості псевдо плівкового і псевдо краплинного режимів конденсації	224
<i>БАРАНЮК А.М., КАПОШКО К.С. студентки гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С..</i>	
Новітні типи вітрогенераторів	225
<i>БУЗОВЕРЯ Д.В. студент гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С..</i>	
Псевдо плівкова і псевдо краплинна конденсація на довільних поверхнях	226
<i>БАРАНЮК А.М., КАПОШКО К.С. студентки гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Гавриш А.С..</i>	
Особливості та переваги тепlopостачання в будинках з електричним опаленням.	227
<i>ОДУДЕНКО Ю.М., студент гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - доц. Гавриш А.О.</i>	
Забезпечення нормованої температури повітря у приміщеннях житлових та громадських будівель.	228
<i>СТОРОЖУК М.С., студент гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Системи панельно-променевого опалення приміщень.	229
<i>ІЖЕВСЬКА Т.Л., студентка гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Тепловізійний моніторинг як метод визначення теплових втрат у будівлях.	230
<i>ЯРОШЕВИЧ М.В., студент гр. ТП-61</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Соломаха А.С.</i>	
Параметри розлітання крапель при ударі струменя води об поверхню при малих витратах води.	231
<i>КАРНАУХ О.О., магістрант гр. ТП-71мн</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i>	
Модель в'язкісно-гравітаційної течії водяної плівки на вертикальній гладкій поверхні у середовищі ANSYS Fluent.	232
<i>ЛЕПТЮХОВ І.І., магістрант гр. ОТ-61м; БАРАНЮК О.В., ст. викл.</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Студенець В.П.</i>	
Виготовлення теплового акумулятора для сонячної енергоустановки на базі двигуна Стірлінга.	233
<i>БОНДАРЕНКО В.В., магістрант гр. ОТ-61м</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Студенець В.П.</i>	

Characteristics of fans used in low-power boilers	234
<i>M.Sc. Eng. ADAM NYGARD</i>	
<i>Associate Professor Jarosław Bartoszewicz</i>	
The impact of variable channel geometry on pressure loss	235
<i>M.Sc. Eng. Natalia Lewandowska</i>	
<i>Prof. Assoc. Eng. Michał Ciałkowski, Dr Eng. Ryszard Piątkowski, Prof. Assoc. Eng. Andrzej Frąckowiak</i>	
Numerical analysis of a heat transfer modeling in economizers dedicated for medium power solid fuel heating boilers	236
<i>M.Sc. Eng. Wojciech Judt</i>	
<i>Associate Professor Jarosław Bartoszewicz, D. Eng. Rafał Urbaniak</i>	
Study on modern technology of biomass gasification derived synthesis gases combustion process	237
<i>M.Sc. Eng. Paweł Czyżewski</i>	
<i>M.Sc. Eng. Joanna Jójka, M.Sc. Eng. Michał Gołębiowski, Dr Eng. Dariusz Szewczyk, Dr Eng. Rafał Ślefarski</i>	
Способи здешевлення утримання мазуту	238
<i>КУЛЕШ Н.С., студент гр. ТК-41</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Новаківський Є.В.</i>	

Показчик авторів докладів

- Adam Nygard, 234
Andrzej Frąckowiak, 235
Dariusz Szewczyk, 237
Jarosław Bartoszewicz, 234, 236
Joanna Jójka, 237
Michał Ciałkowski, 235
Michał Gołębiewski, 237
Natalia Lewandowska, 235
Paweł Czyżewski, 237
Rafał Ślefarski, 237
Rafał Urbaniak, 236
Ryszard Piątkowski, 235
Wojciech Judt, 236
Адільшаєв Т. Т., 6
Альохіна С.В., 45
Андрусік Н.Ю., 85
Анікеєв Т.Ю., 136
Бажура М.В., 86
Байбарза А.Т., 137
Байда І.В., 113
Барабаш В.П., 181
Барабаш П.О., 181, 195, 196, 197, 210, 217
Баранов Д.О., 7
Баранюк А.М., 224, 226
Баранюк О.В., 85, 107, 148, 232
Баскова О.О., 87
Басюк Р.В., 8
Беднарська І.С., 138
Безродний М.К., 198, 202, 203, 205, 212
Бехмард Г., 95
Белих Д.О., 9
Биков Е.Б., 88
Бібік Т.В., 31, 33, 38, 44
Бідун А.В., 10
Білоус І.Ю., 184
Бобошко В.Ю., 11
Боженко М.Ф., 186, 190, 199, 206, 209,
218, 228, 229
Боков Д.С., 139
Бондар В.А., 89
Бондар О.О., 140
Бондаренко В.В., 233
Бортнік М.І., 12
Боянівський В.П., 186
Брижук Є.В., 13
Брой Б.Ю., 114
Бузоверя Д.В., 225
Бурдь Р.Г., 90
Бурлака А.В., 14
Бутовський Л.С., 153
Буцула Я.О., 91
Варламов Г.Б., 182, 192, 193, 214, 220
Вівтюк О.А., 141
Войтко Я.І., 15
Волівач Т.І., 16
Волчинський К.В., 92
Воробйов М.В., 113, 124, 127
Воропаєв Г.О., 87
Гавлічук Д.В., 17
Гаврилюк В.І., 31
Гавриш А.С., 187, 213, 215, 221, 222, 223,
224, 225, 226, 227
Гайдай І.В., 187
Галдінов М.В., 142, 143, 144, 145
Гарань О.В., 18
Гашимов А.М., 13, 32, 62, 63
Гелетуха С.Г., 188
Гетманчук Г.О., 184
Глушко І.В., 93
Голіяд М.Н., 208, 211
Головенков Д.О., 19
Гончарук В.Г., 20
Горохова М.В., 146
Горський В.В., 147
Гошта М.О., 21
Грановська О.О., 167, 177
Гриценко О.В., 115
Гронь С.С., 94
Грязев Д.С., 116
Гуменюк Д.В., 20, 25, 27, 39
Гуров Д.И., 95, 96
Даниленко В.С., 22
Данилюк В.А., 23
Денисенко А.О., 97
Денисюк Р.І., 24
Дешко В.І., 184
Дідик М.Ю., 148
Донський Д.О., 25
Дорофій П.С., 149
Дорош Р.В., 117
Драпей С.С., 31
Дубик Я.Р., 70
Дубровська В.В., 185
Дуб'яга Д.О., 221
Дядюшко Є.В., 98
Дяченко А.Д., 26
Дяченко М.О., 118
Емішьян А.С., 206
Єрохін О.О., 199
Живиця К.О., 189

Жураківський А.В., 99
 Задорожня А.О., 150
 Затірка О.І., 151
 Зацаринний Р.В., 27
 Зінченко А.О., 208
 Іваненко Д.О., 190
 Іваненко Т.Г., 28
 Іванов З.В., 29
 Іжевська Т.Л., 229
 Іллін О.М., 30
 Кайдик Б.В., 31
 Калабський В.В., 32
 Калита І.А., 33
 Кальян Г.А., 5
 Канський О.М., 34
 Капошко К.С., 224, 226
 Капустянський А.О., 182
 Карнаух О.О., 231
 Кесова Л.О., 147, 149
 Кобилянська О.О., 152
 Ковальчук В.А., 153
 Козир Р.В., 35
 Кознюк Д.В., 36
 Кокорський А.Р., 37
 Колодін С.В., 119
 Колотенко М.О., 191
 Кондратюк В.А., 8, 9, 15, 19, 23, 29, 37,
 64, 65, 69, 71, 74, 86, 89
 Конько Д.В., 100
 Коньшин В.І., 10, 18, 21, 28, 34, 41, 50,
 55, 66
 Копчинська І.В., 38
 Коренюк Б.С., 39
 Корсун Р.Т., 40
 Кострикіна Ю.С., 154
 Косячков О.В., 129
 Коцюба О.А., 155
 Кошмак О.Р., 192
 Кравець В.Ю., 91, 95, 96, 104
 Кравець В.Ю., 12, 77, 90, 91, 94, 99, 102,
 103
 Кравчук Я.В., 41
 Куделя П.П., 201, 204, 217
 Куєк Ю.О., 156
 Кулеш Н.С., 238
 Кулинич В.С., 120
 Курп'янчук С.В., 42
 Кухоцька О.В., 43
 Кучинська І.М., 130
 Ласкутов В.А., 157
 Лебедь Н.Л., 93, 98, 106, 111, 112
 Лептюхов І.І., 232
 Летенко Д.Е., 101
 Лещенко Б.Ю., 56
 Лимонченко А.Р., 209
 Литвин Д.В., 158
 Литвиненко М.О., 159
 Литвиненко М.П., 84
 Ліпницький Л.В., 102
 Лосенко Д.П., 44
 Лосінець Д.М., 103
 Луньов Д.І., 45
 Лугчин В.Б., 46
 Лю Я., 210
 Ляпкін А.Є., 209
 Магдич В.П., 211
 Мазур В.П., 160
 Мазурчук С.А., 161
 Майстренко О.О., 212
 Мандриченко К.Е., 47
 Мариненко В.І., 114, 115, 120, 122, 125,
 128
 Марисюк Б.О., 162
 Маркулан Е.В., 213
 Марченко Г.С., 193
 Махров М.А., 200
 Мельник А.І., 163
 Мельник Р.С., 104
 Мельничук С.П., 48
 Меренгер П.П., 154, 170
 Місюра Т.О., 201, 202
 Могильний А.О., 105
 Мордас Р.В., 106
 Мороз О.С., 153, 164
 Мухамадєєв О.О., 49
 Мухін М.С., 214
 Назарова І.О., 188
 Намсрай П., 50
 Науменко Д.А., 165, 166
 Неділько А.В., 121
 Нестеренко Л.В., 215
 Нечипорук О.П., 51
 Ніколаєнко Ю.Є., 88, 100
 Нікуленкова Т.В., 136, 138, 140
 Новаківський С.В., 121, 123, 126, 238
 Носовський А.В., 5, 36, 68, 72, 76, 79, 83
 Овдієнко Ю.М., 6, 43, 53, 81
 Овчаренко Є.С., 122
 Одарчук А.М., 52
 Одуденко Ю.М., 227
 Олешко А.В., 124
 Олешко П.О., 123
 Олійник Б.В., 222, 223
 Олійник В.С., 107

Омельчук Е.О., 167
 Онищук Ю.А., 53
 Онісімчук О.В., 203
 Опанасюк І.Ю., 216
 Осипенко Є.О., 193
 Ословський С.О., 204, 205
 Остальський Д.М., 54
 Остапенко І.А., 7, 14, 22, 24, 30, 57, 73
 Островський Ю.В., 125
 Очеретянко М.Д., 194
 Палійчук Р.Ф., 132
 Панченко О.О., 217
 Петречук А.Л., 195
 Петровець С.О., 168
 Печериця І.О., 55
 Пешко В.А., 168
 Пелєвін А.С., 185
 Піщина І.Г., 92
 Пічковський С.Г., 169
 Побіровський Ю.М., 137, 159, 161, 179
 Поспелова П.С., 56
 Постоленко А.М., 183
 Притика Є.В., 57
 Пригула Н.О., 198, 202, 205
 Прокопенко С.М., 126
 Прокопчук А.А., 58
 Пуховий І.І., 181, 183, 189, 191, 200, 207,
 231
 Рачинський А.Ю., 141, 157
 Резніченко А.С., 59, 60
 Рига Д.О., 61
 Риндюк Д.В., 142, 143, 144, 145
 Рогачов В.А., 117, 118, 130, 133, 134
 Розум Т.В., 108
 Руденко С.В., 222, 223
 Руденко Ю.Ю., 62
 Рябцун Р.С., 127
 Савчук М.В., 63
 Савчук Ю.С., 64
 Сахно О.В., 11, 54, 67, 75
 Семенюк М.І., 206
 Семеняко О.В., 86, 89, 101, 105, 109, 110
 Семидоцька О.С., 218
 Серафим Р.І., 26, 35, 47, 61
 Сидорук А.Л., 81
 Сікорський В.О., 196, 197
 Сініцин В.Р., 65
 Сірій О.А., 152, 165, 166, 169
 Совінський М.В., 219
 Соломаха А.С., 194, 216, 219, 230
 Соломченко М.А., 77
 Старовіт І.С., 109, 110
 Стельмах Д.І., 66
 Степанський С.В., 128
 Степанюк В.П., 67
 Стеценко В.В., 170
 Сторожук М.С., 228
 Студенець В.П., 232, 233
 Сушков Ю.О., 129
 Тимошенко О.В., 97
 Тишко О.Ю., 131
 Тішенко Є.Д., 171
 Ткаченко А.В., 173
 Ткаченко О.О., 172
 Ткачов В.І., 174
 Трофименко О.Р., 68
 Туз В.О., 4, 84, 116, 119, 132
 У Ц., 220
 Федоров В.М., 59, 60, 78
 Федоров Д.О., 4, 17, 52, 58
 Фершал А.М., 175
 Філатов В.І., 46, 48, 49, 51, 131
 Філонов В.В., 69, 70
 Філонова Ю.С., 70, 71
 Філонюк А.К., 72
 Харченко А.С., 73
 Хоменко Д.О., 74
 Хоменков В.П., 16, 80
 Цветкова М.О., 198
 Цибровський О.В., 134
 Червонюк А.О., 111
 Черноусенко О.Ю., 139, 150, 151, 153,
 162, 164, 172
 Чорний П.В., 112
 Шаблій Т.О., 42
 Шадрін К.О., 176
 Шаров Д.О., 132
 Шарун В.І., 75
 Шевель Є.В., 86, 108
 Шевченко В.А., 177
 Шекель Є.А., 207
 Шелешей Т.В., 146, 155, 156, 158, 160,
 163, 171, 173, 174, 175, 176, 178
 Шкляр В.І., 185
 Шкута М.Ю., 178
 Шлапак І.І., 83
 Шолудько М.С., 76
 Щербань І.Р., 179
 Янушевський В.А., 133
 Ярошевич М.В., 230
 Ятченко М.О., 60, 78
 Яценко М.В., 79
 Яцюк О.А., 80

