

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

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИКИ

Матеріали XIV Міжнародної
науково-практичної конференції
аспірантів, магістрантів і студентів
м. Київ, 18-21 квітня 2016 року,
присвяченої 85 річчю
теплоенергетичного факультету

ТОМ 1



Київ- 2016

УДК 524.36

Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, присвяченої 85 річчю теплоенергетичного факультету, м. Київ, 18–21 квітня 2016 р. У 2 т. – К. : НТУУ «КПІ», 2016. – Т. 1. – 221 с.

ISBN 978-966-622-697-9 (Заг.)

ISBN 978-966-622-695-5 (Т. 1)

Подано тези доповідей XIV 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.

Редакційна колегія:

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

Г.Б. Варламов, д-р техн. наук, проф.,

С.О. Лук'яненко, д-р техн. наук, проф.,

В.О. Туз, д-р техн. наук, проф.,

Ю.М. Ковриго, канд. техн. наук, проф.,

П.О. Барабаш, канд. техн. наук, доц.,

П.П. Меренгер, ст. викладач,

В.Б. Бобков, канд. фіз.-мат. наук, доц.,

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

О.О. Гагарин, канд. техн. наук, доц.,

О.В. Баранюк, канд. техн. наук, доц.

Відповідальний секретар

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

*Друкується за рішенням Вченої ради теплоенергетичного факультету
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут»
(протокол № 8 від 28 березня 2016 р.)*

ISBN 978-966-622-697-9 (Заг.)

ISBN 978-966-622-695-5 (Т. 1)

© Автори тез доповідей, 2016

© НТУУ «КПІ»

(укладання, оформлення), 2016

СЕКЦІЯ №1

Атомна енергетика

УДК 621.039.5

Аспірант Соловйов В.В.

Проф., д.т.н. Письменний Є.М.

ОБГРУНТУВАННЯ ЯДЕРНОЇ БЕЗПЕКИ У ВИПАДКУ ТЕЧІЇ КАНЬЙОНУ СХОВИЩА ВІДПРАЦЬОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА №1

При аварійному вивантаженні всього кондиційного відпрацьованого ядерного палива, у випадку виникнення аварійної ситуації пов'язаної з течією в одному з відсіків басейнів витримки (БВ) сховища відпрацьованого ядерного палива № 1 (СВЯП-1), відпрацьовані тепловиділяючі збірки (ВТВЗ) будуть розміщені на балках щільового покриття інших відсіків, що дозволить використовувати безаварійні відсіки БВ № 1 - 4 у якості резервних.

У випадку даної аварійної ситуації пошкоджене відпрацьоване ядерне паливо (ПВЯП), яке розміщується у каньйоні СВЯП-1 повинно бути перевантажено до відсіку зберігання транспортних чохлах (ВЗТЧ) СВЯП-1. Виходячи з цього, було проведено обґрунтування ядерної безпеки системи зберігання ПВЯП у ВЗТЧ СВЯП-1.

Розрахунки ефективного коефіцієнта розмноження нейтронів ($K_{\text{еф}}$) виконувались модулем KENO-VI програмного продукту SCALE-6, який заснований на застосуванні метода Монте-Карло. В розрахунках критичності модулем KENO-VI використовувалась 238-групова бібліотека нейтронно-фізичних констант, створена на основі ENDF-B/V та ENDF-B/VI.

Ізотопний склад ВТВЗ розрахований з використанням модулів TRITON/T6-DEPL і ORIGEN-ARP програмного продукту SCALE-6.

При проведенні обґрунтування ядерної безпеки ВЗТЧ, у випадку аварійного вивантаження каньйону, були виконані розрахунки $K_{\text{еф}}$ тимчасової аварійної системи зберігання ПВЯП у ВЗТЧ, для умов незалежної зміни води у ВЗТЧ та у спеціальних пеналах (СП) з ПВЯП.

Максимальне значення $K_{\text{еф}} = 0,86003$ системи тимчасового аварійного зберігання ПВЯП у ВЗТЧ при зниженні рівня води у ВЗТЧ досягалося при наступних умовах:

1. Температура води і палива - 0°C .
2. Густина води в СП - $0,1 \text{ г/см}^3$.
3. Густина води у ВЗТЧ - $1,0 \text{ г/см}^3$.
4. Рівень води у ВЗТЧ - верхня межа палива нижньої частини ВТВЗ.

Виконана робота з аналізу ядерної безпеки СВЯП-1, при аварійному вивантаженні каньйону дозволяє зробити висновок, що в даних умовах забезпечується ядерна безпека об'єкту ($K_{\text{еф}}$ не перевищує 0,95) згідно з вимогами нормативних документів України [1, 2]. Виконання даної роботи дозволило використати ВЗТЧ СВЯП-1 у якості резервного місця зберігання ПВЯП, у випадку аварійної ситуації в каньйоні СВЯП-1.

Перелік посилань:

1. Загальні положення забезпечення безпеки при знятті з експлуатації атомних електростанцій та дослідницьких ядерних реакторів, НП 306.2.02/1.004-98. Затверджені наказом Мінекобезпеки України від 09.01.98 № 2 та зареєстровані Мін'юстом України 23.01.1998 р. за № 47/2487.

2. Правила безпеки при храненні и транспортировке ядерного топлива на объектах атомной энергетики, ПНАЭГ-14-029-91

АТОМНА ЕНЕРГЕТИКА: ЗА І ПРОТИ

Розвиток індустріального суспільства опирається на вироблення та використання різних видів енергії. Це може бути вітрова енергія, теплова, сонячна, атомна, кожна із яких розвивається по – різному. В останні десятиліття увагу суспільства привернула така галузь енергетики, як атомна - відносно молода галузь енергетики, але разом із тим дуже перспективна. Атомна енергетика являється специфічною галуззю промисловості, розвиток якої в країнах з демократичною системою потребує суспільного підтвердження. І саме тому в кожній країні, яка використовує ядерну енергію, суспільство ділиться на дві частини: перша частина – ‘за’ атомну енергетику, друга – ‘проти’.[1]

Сьогодні ми є свідками і разом з тим учасниками явища, яке отримало назву у всьому світі “ ядерний ренесанс”. Ріст довіри населення до атомної енергетики йде швидше, ніж прогнозувалося експертами. У людей формується думка, що ядерна енергія найкраще відповідає потребам суспільства і запобігає основній екологічній проблемі нашого часу – парниковому ефекту. Для країн, які мають обмежені запаси палива (вугілля, газ, нафта) немає альтернативи атомній енергетиці, Україна відноситься до ряду таких країн. На жаль, ряд подій, пов’язаних із цією галуззю, знизив рівень довіри населення: аварія на ЧАЕС у квітні 1986 року, внаслідок якої постраждало 5 млн. людей, забруднено радіоактивними нуклідами близько 5 тис. населених пунктів України, Білорусі та Росії. Радіоактивна хмара від аварії пройшла над європейською частиною СРСР, більшою частиною Європи, східною частиною США. Приблизно 60% радіоактивних речовин осіло на території Білорусі. Близько 200000 чоловік були евакуйовані із зони забруднення. Варто також згадати аварію в Японії в березні 2011 року на АЕС «Фукусіма – 1» .Ця аварія, безперечно, найбільша за минулі роки після катастрофи на Чорнобильській АЕС.За підрахунками експертів затрати на ліквідацію аварії, компенсації та інші витрати оцінюються в 100 млрд. доларів. Надзвичайна подія на «Фукусімі – 1» призвела до перегляду політики відносно атомної енергії в ряді країн світу. Зокрема, влада Федеративної Республіки Німеччина заявила про поступову відмову від використання АЕС для забезпечення електроенергією німецьких споживачів.

Уроки аварій вказали на необхідність перегляду концепції забезпечення безпеки на АЕС, підвищення властивостей самозахисності реакторів. Останніми роками особлива увага приділяється модернізації обладнання атомних станцій на основі сучасних європейських технологій. Цього вдається досягти за рахунок здійснення міжнародних програм допомоги, які разом з поставками обладнання, впровадження нових технологій, проводять навчання та підготовку персоналу.

Атомна енергетика, як і будь – яка галузь, має певні ризики і тому головним завданням є зменшення цих ризиків до мінімуму. Але, все- таки, для таких країн, як Україна ядерна енергія є незамінною складовою як з точки зору економіки, так із точки зору екології.

Перелік посилань:

1. 1. Барбашев С. В. МИР АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ / С. В. Барбашев, Р. Г. Зибницкий, С. А. Шимчев. // Дикое поле. – 2007. – №1. – С. 112.

УДК 621.039.4

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-22 Бєлих Д.О.
Асист. Кондратюк В.А.

РЕАЛІЗАЦІЯ МАНЕВРЕНИХ РЕЖИМІВ НА АЕС З РЕАКТОРАМИ ВВЕР-1000

При розвитку галузі атомної енергетики в основному розглядалися енергетичні установки, які будуть працювати виключно у базовому режимі. Незважаючи на зниження ККД розвантаження АЕС, такі режими можуть бути економічно доцільними внаслідок роботи АЕС в єдиній енергосистемі з характерними для неї добовими та річними коливаннями споживання електроенергії. Ця проблема є актуальною для України з багатьох причин. Перша причина – частка електроенергії, що виробляється на АЕС України, зростає з 2013р. і у першому кварталі 2016 р. сягнула значення 54.6 % [1]. Друга причина – маневрені потужності, якими володіє енергосистема України, становлять лише 9% від загального виробництва електроенергії, в той час як рекомендований рівень – 20%. Покриття «пікової» частини добового графіка агрегатами ГЕС і ГАЕС забезпечується лише на 40-50%. Інша частина покривається за рахунок ТЕС при їх роботі в маневреному режимі за рахунок зупинки в нічний період (на 4-6 год.) [1]. Третя причина – більше 85% блоків ТЕС перевищили межу фізичного зносу (200 тис. год.), що підвищить частку генерації на АЕС у майбутньому [1]. В даній роботі розглянуто результати розрахункового моделювання [2] перехідних режимів експлуатації ВВЕР-1000 з дотриманням добового графіку несення навантаження в енергосистемі, виконаного в обґрунтування безпеки проведення випробувань по маневруванню потужністю на блоці № 2 Хмельницької АЕС з використанням різних способів здійснення маневру. Враховуючи можливість виникнення незатухаючих аксіальних ксенонових коливань розподілу потужності на високих вигораннях активної зони [3], були обрані моменти кампанії, близькі до середини паливної кампанії – 115 і 175 еф. год. В роботі розглянуто два режими маневрування потужністю зі 100% до 80% на 6-8 год. з наступним відновленням вихідного значення потужності:

- Режим 1. Регулювання із використанням 10-ї групи СУЗ.
- Режим 2. Регулювання із використанням 10-ї групи СУЗ і повним зануренням центрального ОР СУЗ

За результатами розрахункового моделювання можна відзначити, що значення K_0 , K_r , K_q , K_v , АО не виходять за межі встановленими ТРБЕна протязі часу маневрування потужності для режимів 1 і 2. Для режиму 2 значення K_0 , K_r , K_q , K_v вище, в середньому, на 3-4 %, але при цьому потрібне введення меншої кількості розчину борної кислоти для проведення маневру, що спрощує у перехідному процесі процедуру водообміну і знижує кількість рідких радіоактивних відходів [2]. Таким чином результати експериментів (режими 1 і 2), отриманих при проведенні випробувань, підтверджують коректність виконаного моделювання [2] і вказують на можливість впровадження маневрених режимів на українських АЕС.

Перелік посилань:

1. Глушенко, Р. С. Исследование ключевых аспектов внедрения режима суточного регулирования мощности на АЭС Украины [Текст] / Р. С. Глушенко // Журн. Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – №2/1(22). – С. 18 – 26.
2. Халимончук, В. А. Динамика реактора с распределенными параметрами в исследовании переходных режимов эксплуатации ВВЭР и РБМК. – К.: Основа, 2008. – 228 с. – (Серия «Безопасность атомных станций»).
3. Звіт про науково-дослідну роботу «Розробка передварительного ОАБ опытно-промышленной эксплуатации энергоблока №2 Хмельницкой АЭС в режиме маневрирования мощностью».

ВПЛИВ ВНУТРІШНЬОГО ДІАМЕТРУ НА ТЕПЛОПЕРЕДАЮЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВОФАЗНИХ ТЕРМОСИФОНІВ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ БАСЕЙНУ ВИТРИМКИ

11 березня 2011 року на АЕС "Фукусіма-1" (Японія) сталася важка аварія з повним знеструмленням енергоблоку внаслідок землетрусу і слідуючого за ним цунамі. Ці події поставили перед ядерним співтовариством завдання щодо виконання детального аналізу причин аварії та вивчення її уроків. Повне довгострокове знеструмлення енергоблоку є аварійною ситуацією, що призводять до запроектої аварії. В наслідок вихідної події відбувається відключення насосів охолодження БВ. Наявність запасу води дозволяє встановити природну циркуляцію в БВ, залишкові енерговиділення йдуть на підігрів води, що призводить до початку кипіння води та поступового зниження рівня. Починається поступовий розігрів оболонки ТВЕЛ і пароцирконієва реакція. Подальший розігрів ТВЕЛ призводить до їх важкого пошкодження. Завдання ефективного надійного тепловідводу від відпрацьованого ядерного палива (ВЯП) може бути вирішене з використанням пасивних систем на основі двофазних термосифонів (ДТС). Їх висока теплопередаюча спроможність дозволяє проектувати пасивні системи тепловідводу, які дозволяють забезпечити оптимальні температурні режими для ВЯП, а висока компактність дозволяє розміщувати їх при щільній компоновці основного обладнання, в умовах БВ.

Дане дослідження присвячене вивченню впливу діаметру парового простору мідних термосифонів з внутрішніми діаметрами $d_{вн} = 5 \cdot 10^{-3}$ м, $9 \cdot 10^{-3}$ м і $16 \cdot 10^{-3}$ м, довжиною 0,7 м на термічний опір R , призначених для охолодження БВ ВЯП. Теплоносій - вода. Відведення теплоти від зони конденсації здійснювалося водою з постійною температурою і витратою. Дослідження показали (див. Рис 1), що для кожного з термосифонів зі зростанням теплового навантаження значення R знижуються до якогось мінімального значення, яке відповідає максимальному тепловому потоку, який може передавати термосифон. Подальше збільшення теплового потоку призводить до зростання R , що пов'язане в першу чергу з появою локальних парових плівок в зоні нагріву, а також зі збільшенням гідравлічного опору в паровому каналі.

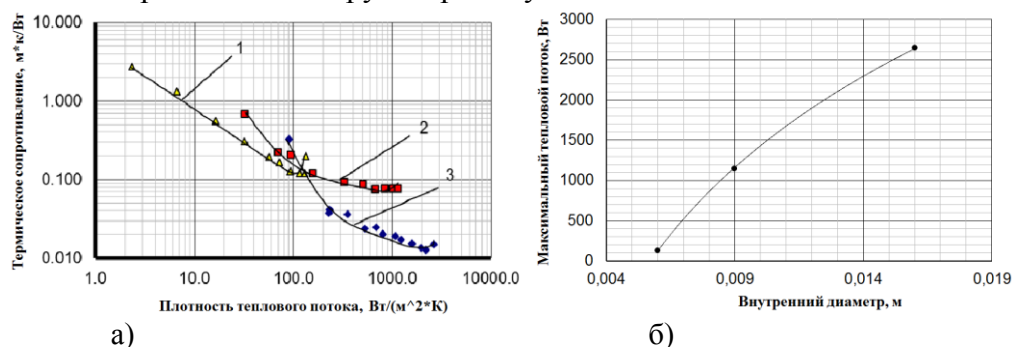


Рис.1 -Залежність термічного опору від відведеного теплового потоку (а) та залежність максимального теплового потоку від внутрішнього діаметру ДТС (б)
(1 - $d_{вн} = 5 \cdot 10^{-3}$ м; 2 - $d_{вн} = 9 \cdot 10^{-3}$ м; 3 - $d_{вн} = 16 \cdot 10^{-3}$ м)

Таким чином, результати дослідження показали, що зі збільшенням діаметрів парового простору в термосифоні збільшуються їх теплопередаючі характеристики, що необхідно враховувати при проектуванні теплообмінних апаратів, призначених для БВ.

Перелік посилань:

1. Пучков В.Н. Термосифонные системы пассивного теплоотвода при длительном обесточивании ВВЭР / В.Н. Пучков // PRoAtom, 19 дек. 2012. К., 2012. – С.4.

ПРОБЛЕМИ ТЕРМОЯДЕРНИХ РЕАКТОРІВ

Проблема використання керованого термоядерного синтезу являє собою колосальну науково-технічну проблему сучасного світу. В основі термоядерної реакції лежить процес, фізика якого протилежна до тієї, яку ми використовуємо на всіх атомних електричних станціях світу а саме ділення важких ядер. Термоядерний синтез передбачає навпаки, поєднання легких ядер. Використання термоядерного синтезу є однією з найперспективніших напрямків розвитку енергетики адже має багато переваг над атомною. Актуальність даної роботи полягає у аналізі основних неподоланих проблем на сучасному етапі досліджень.

Перші термоядерні досліди розпочалися в країнах що займалися виготовленням ядерної зброї. Хоча дослідження у цій сфері розпочалися з 50 –х років ХХ ст. однак діюча модель експериментального термоядерного реактора перебуває у стадії будівництва.

В даній роботі розглянуто основні перешкоди на шляху до створення діючих термоядерних реакторів. На жаль, незважаючи на великий потенціал технології, суттєві перешкоди між сьогоdnішнім розумінням процесів ядерного синтезу, технологічними можливостями та практичним використанням ядерного синтезу досі не подолані, неясним є навіть чи економічно вигідне виробництво електроенергії із використанням ядерного синтезу є можливим в принципі. А велика вартість досліджень, матеріалів стає значною перешкодою на шляху швидкого розвитку технології. Однією з найскладніших технічних проблем є проблема утримання та керування потоком високотемпературної плазми. Рішення знайшлося у використанні магнітного поля. До кінця 80-х років провідною концепцією по утриманню плазми магнітним полем стали тороїдальні установки – токамаки. Саме таку конструкцію має проект міжнародного експериментального термоядерного реактора ITER. Метою якого є демонстрація комерційної вигоди з використання термоядерного реактора та рішення технічних та фізичних проблем що можуть виникнути у ході досліджень.

Сучасні дослідження із застосуванням моделювання на суперкомп'ютері дозволили змінити та оптимізувати форму потоку плазми. Дана технологія використовується на установці під назвою «Wendelstein 7-X» в інституті плазми Макса Планка що в Німеччині і має суттєві переваги над токамаками. «Wendelstein 7-X» – провідна установка по дослідженню високотемпературної водневої та гелевої плазми.

Ціль даної роботи полягає у дослідженні основних проблем у створенні діючого реактора термоядерного синтезу. Аналіз та пошук можливих рішень по подоланні проблем що мають місце на даний момент часу.

Перелік посилань:

1. D.Clery, “The bizarre reactor that might save nuclear fussion” Science, 21 Oct. 2015.
2. Шафранов В.Д. “Первый период истории термоядерных исследований в Курчатовском институте”, УФН 171 877, 2013

Магістр 6 курсу, гр. ТЯ-41м Веселов Є.В.
Доц., к.т.н. Коньшин В.І.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РЕАКТОРНОЇ УСТАНОВКИ І БЛОКУ ЮЖНО-УКРАЇНСЬКОЇ АЕС, ПОВ'ЯЗАНОЇ ЗІ СТАНОМ БЛОКУ ЗАХИСНИХ ТРУБ

Блок захисних труб призначення для: фіксації і дистанціювання головок ТВЗ; утримання ТВЗ від спливання у всіх режимах експлуатації, включаючи аварійні ситуації; захисту органів регулювання и штанг приводів СУЗ від впливу потоку теплоносія; забезпечення рівномірного, по перетину активної зони, виходу теплоносія.

Основними навантаженнями, що діють на блок захисних труб (БЗТ), є: температурне поле; зусилля стиснення пружин в головках ТВЗ; зусилля від лінійного розширення внутрішньо-корпусних пристроїв (ВКП) і ТВЗ; зусилля, викликані радіаційним ростом; власна вага ВКП[2].

Розрахункова температура, відповідно режиму «затягнення шпильок головного роз'єму», дорівнює 20°C . Зусилля, що діють на БЗТ при даному режимі:

- Зусилля від початкового стиснення пружин в голівках ТВС,
- Зусилля, викликані радіаційним ростом.

Максимальне значення приведенного напруження дорівнює 125,1 МПа. Відповідно до [1] були визначені розрахункові групи категорії напружень $(\sigma)_1$ и $(\sigma)_2$.

Відповідно до [1] оцінка розрахункової групи категорії напружень $(\sigma)_1$ була виконана для областей моделі поза зонами концентрації і для таких режимів, при яких діють тільки механічні зусилля - затягнення шпильок головного роз'єму і гарячого стан. Максимальне мембранне напруження отримано в обичайці захисних труб при режимі «затягнення шпильок головного роз'єму».

Оцінка розрахункової групи категорії напружень $(\sigma)_2$ проведена консервативно, тобто з допустимими напруженнями були порівняні значення максимальних напружень в режимах, коли діють тільки механічні навантаження.

Оцінка терміну безпечної експлуатації БЗТ реактора енергоблоку № 1 ВП ЮУАЕС виконано відповідно до вимог норм [1]. На підставі виконаних розрахунків можна зробити висновок: у всіх прийнятих режимах напруження не перевищують допустиме значення - умова статичної міцності виконується.

Перелік посилань:

1. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок ПНАЭ Г-7-002-86, Москва 1989.
2. Грегор И.: Блок защитных труб. Расчет прочности. Отчет Шкода Атомное Машиностроение Пльзень, № Ае 5733/Dok, Rev. 1, 1999

УДК 53.04.3

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-21 Висоцький А.І.
доцент Лебедь Н.Л.

ОСНОВНЕ ОБЛАДНАННЯ ДРУГОГО КОНТУРУ БЛОКУ АЕС З РЕАКТОРОМ ТИПУ ВВЕР-1000

Основним завданням АЕС є забезпечення безперебійного постачання споживачів електричною і тепловою енергією, які виробляються з дотриманням вимог правил і норм безпеки в атомній енергетиці. Завданням персоналу турбінного відділення є забезпечення надійної, безпечної і економічної експлуатації устаткування технологічних систем.

Виконання цих завдань неможливе без врахування особливостей експлуатації основного устаткування турбінного відділення, безаварійна робота якого забезпечує безпечне функціонування обладнання турбінного і реакторного відділень у рамках виконання вимог ПТЕ і інших нормативно-технічних документів в області забезпечення вимог, встановлених для безпечної експлуатації енергоблоків АЕС на різних етапах їх роботи [1].

Робота устаткування, що знаходиться в електроцеху, хімцеху та інших підрозділах АЕС, а також обслуговування цього устаткування тісно пов'язано з роботою тепломеханічного обладнання і систем другого контуру. Чітке уявлення впливу порушень в роботі обладнання на безпеку енергоблоку в цілому є важливим чинником підвищення надійності АЕС [2].

Були розглянуті одні з основних елементів обладнання та систем другого контуру енергоблоку з реактором ВВЕР-1000. Розглянуто вплив на безпечність експлуатації енергоблоку кожної з систем та елементів, представлених в даному матеріалі.

Результати аналізу технічної документації обладнання другого контуру з точки зору безпеки АЕС представлено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Рівень безпеки основного обладнання другого контуру [1].

Обладнання	Рівень безпеки
Система паропроводів свіжої пари	Системи нормальної експлуатації, важливі для безпеки.
Система скидання пари в конденсатор	Клас безпеки ЗН; системи нормальної експлуатації, важливі для безпеки.
Система парозабезпечення власних потреб	4 клас безпеки, системи нормальної експлуатації, по класифікації систем і елементів АЕС згідно ОПОБ- 2000.
Система розхолодження першого контуру через другий контур	Категорія систем нормальної експлуатації, важливі для безпеки, 3-кл, гр. З, І, ЗН.
Турбіна К-1000-60/1500-2	Турбоустановка забезпечена попереджувальною і аварійною сигналізацією, системою технологічного контролю, захисту, дистанційного і автоматичного керування. Спрацьовування параметричного захисту, безаварійно відключає турбоустановку при досягненні величини параметра аварійної регламентної межі.
Деаераційна установка	Система важлива для безпеки.

Перелік посилань:

1. Эксплуатация основного оборудования турбинного отделения АЭС.
2. Кузнецов Н.М. и др. “Энергетическое оборудование блоков АЭС”. - Л.: Машиностроение, 1987.

ОЦІНКА ВПЛИВУ СЕЙСМІЧНОЇ ДІЇ НА БЕЗПЕКУ АЕС

Аналіз безпеки АЕС спрямований на підтвердження розрахунково-теоретичним шляхом неперевищення встановлених меж радіаційного впливу на персонал, населення і навколишнє природне середовище при нормальній експлуатації, порушеннях нормальної експлуатації і проектних аваріях, демонстрацію ефективності заходів з управління та обмеження наслідків заprojektних аварій, а також підтвердження дотримання критеріїв безпеки [1].

Аналіз безпеки АЕС базується на поєднанні детерміністичного та імовірнісного (ІАБ) методів аналізу безпеки. Поєднання цих методів дозволяє комплексно та всебічно дослідити безпеку АЕС. При проектуванні конструкцій, систем та елементів (КСЕ), важливих для безпеки, перевага надається детерміністичному методу аналізу безпеки [1].

Складність врахування сейсмічної дії детерміністичним методом передусім пов'язана із наступними обставинами:

- різний ступінь важливості КСЕ за впливом на безпеку АЕС [2,3];
- істотна роль випадкових і невизначених факторів;
- можливість виникнення додаткових відмов через зовнішні екстремальні події (комплексні наслідки землетрусів) і, як результат, – неефективність традиційних засобів захисту, орієнтованих головним чином на подолання внутрішніх аварій;
- катастрофічні наслідки ряду сильних землетрусів свідчать про недостатньо детальне опрацювання проблеми реалістичним підходом і неготовність бар'єрів безпеки до подолання заprojektних аварій (АЕС Фукусіма-1).

Поряд із консервативним детерміністичним аналізом ІАБ дозволяє повніше дослідити безпеку АЕС. Метою даного аналізу є оцінка імовірності виникнення та шляхів розвитку вихідних подій, тобто він дозволяє виявити найслабшу ланку КСЕ АЕС до порушення нормальної експлуатації.

У роботі були розглянуті існуючі методи оцінки впливу сейсмічної дії на безпеку АЕС, що ґрунтуються на наступних підходах:

- Оцінка запасу сейсмостійкості (ОЗС, SMA);
- Імовірнісна оцінка сейсмічної безпеки (ІОСБ, SPRA).

Перелік посилань:

1. Вимоги до оцінки безпеки атомних станцій. НП.306.2.162-2010, затверджені наказом Державного комітету ядерного регулювання України від 22.09.2010 р. №124, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 21.10.2010 р. за №964/18259. – 12 с.
2. Загальні положення безпеки атомних станцій. НП.306.2.141-2008, затверджені наказом Державного комітету ядерного регулювання України від 19.11.2007 р. №162, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 25.01.2008 р. за №56/14747. – 47 с.
3. Правила и нормы в атомной энергетике. ПНАЭ Г-5-006-87, утвержденные постановлением Госатомэнергонадзора СССР от 30.12.1987 г. №16. – 22 с.
4. Руководство по безопасности № NS-G-2.13: Оценка сейсмической безопасности существующих ядерных установок. – Вена: МАГАТЭ, 2014. – 81 с.

АЛГОРИТМ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ПРО ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГОБЛОКІВ АЕС

Діяльність, що спрямована на підготовку енергоблоків до продовження проектного терміну експлуатації, являє собою комплекс заходів та робіт, які орієнтовані на забезпечення їх безпечної і надійної експлуатації в даний період. Щоб перейти до цієї діяльності потрібно сформувавши алгоритм прийняття рішення, згідно з яким повинні бути виконанні наступні етапи:

5. Визначення критичних елементів
6. Проведення оцінки технічного стану;
7. Формування переліку заміни обладнання та елементів енергоблоку;
8. Проведення техніко-економічного аналізу;
9. Розробка звіту по переоцінці безпеки.

Визначення критичних елементів проводиться з метою визначення елементів, заміна яких технічно дуже складна і економічно не доцільна. Тому при продовженні експлуатації цим елементам повинна приділятися основна увага по забезпеченню їх надійної і безпечної експлуатації.

Оцінка технічного стану проводиться з метою прийняття рішення про перепризначення ресурсу, розробки і впровадження моніторингу процесів старіння. Внаслідок цих дій формується інформаційна система управління старінням, яка в подальшому використовується для забезпечення потрібного рівня безпеки.

По результатам оцінки технічного стану проходить формування переліку заміни обладнання та елементів енергоблоку, а також проводиться оцінка можливості цих заміни а також визначається перелік заходів, які необхідні для забезпечення безпечної експлуатації АЕС в період понад проектного терміну.

Відповідно до переліку проводиться техніко-економічний аналіз робіт по продовженню проектного терміну експлуатації, згідно з яким проводиться порівняння сумарних затрат на цей комплекс робіт і прибутку, який може бути отриманий від генерації електроенергії в період продовження експлуатації і на основі такого порівняння оцінюється економічна ефективність цієї діяльності.

Після проведення всіх попередніх заходів проводиться розробка звіту по переоцінці безпеки. Цей звіт являється основною умовою для отримання відповідного дозволу РО. В ньому повинні бути відображені результати всіх виконаних на енергоблоці заходів та робіт. Після утворення звіту по переоцінці безпеки виконується ліцензування продовження проектного терміну експлуатації енергоблоків.

Перелік посилань:

1. Общие требования к продлению эксплуатации энергоблоков АЭС в сверх проектный срок по результатам выполнения периодической переоценки безопасности. НП 306.2.099-2004. Киев. ГКАЯРУ, 2005
2. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. НП 306.1.02/1.034-2000. Киев. ГАЯРУ, 2000

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СЕЙСМІЧНОЇ ПОШКОДЖУВАНОСТІ ОБЛАДНАННЯ, ВАЖЛИВОГО ДЛЯ БЕЗПЕКИ АЕС, НА ОСНОВІ МЕТОДА ГРАНИЧНОЇ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ

В Україні діють нормативні документи, що вимагають виконання імовірнісного аналізу безпеки енергоблоків АЕС по відношенню до сейсмічного впливу (СІАБ), такі як НП 306.2.162-2010 «Вимоги до оцінки безпеки атомних станцій. На даний момент документи, що визначають методологію виконання ймовірнісної оцінки частоти пошкодження активної зони від сейсмічного впливу відсутні. Мета даної роботи полягає у аналізі існуючої концепції СІАБ з метою оцінки прийнятності на АЕС України.

Оцінка впливу сейсмічної дії на безпеку АЕС є однією з найбільш трудомістких завдань в ряду аналізів безпеки в зв'язку з необхідністю проведення великого комплексу досліджень, розрахунків на міцність, кваліфікації обладнання та власне оцінки впливу на безпеку.

Для підтвердження безпечної експлуатації енергоблока існує два підходи аналізу безпеки. Детерміністичний аналіз – такий, що дозволяє прогнозувати реакцію на постульовані вихідні події, проводиться з консервативними допущеннями. Імовірнісний аналіз – використовується для чисельної оцінки ступеня вразливості енергоблока по відношенню до всього спектра можливих вихідних подій аварії. Аналіз безпеки по відношенню до сейсмічного впливу має базуватись на поєднанні цих двох підходів.

Проведення СІАБ відбувається поетапно за рахунок сейсмічного дослідження майданчика АЕС, розрахунку імовірнісних спектрів на сейсмічну дію, кваліфікації (оцінки) будівель, споруд, систем, елементів на даний рівень сейсмічного впливу, сейсмічних обходів станції, розробки бази даних граничної сейсмічної стійкості обладнання, аналіз надійності елементів АЕС з метою врахування у ймовірнісній моделі і т.д.

Важливим елементом аналізу безпеки АЕС є побудова кривих сейсмічної пошкоджуваності обладнання, що використовуються в якості вихідних даних для СІАБ. Для їх побудови використовуються параметри медіанного прискорення ґрунту A_m та значення невизначеності і похибки β_g , β_u . В даній роботі розглядається метод, що запропонований МАГАТЕ, де аналіз пошкоджуваності по оцінюваним вище параметрам потребує визначення середніх (медіанних) факторів безпеки F_c для різних змінних, що впливають відгук і сейсмостійкість, а також їх стандартних логарифмічних відхилень, це досить складно і потребує великої кількості вихідних даних та значних затрат. Також в роботі запропоновано спрощений комбінований метод. Головною особливістю цього методу є визначення сейсмічної пошкоджуваності через сейсмостійкість $HCLPF$, яка отримується через значення пікового прискорення ґрунту і фактори безпеки розрахунковим шляхом або випробуваннями. В роботі зроблено висновок щодо переваг комбінованого метода, який полягає в синтезі оцінки граничної сейсмостійкості елементів АЕС (SMA) і подальшого імовірнісного аналізу (SPSA).

Перелік посилань:

1. Методологія визначення параметрів сейсмічної пошкоджуваності обладнання енергоблоку № 3 ВП ЮУАЕС.
2. Концепція виконання ймовірнісної оцінки частоти пошкодження активної зони і частоти граничного аварійного викиду від сейсмічного впливу для енергоблоків АЕС України.

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ НА АЕС ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ ВИДАЛЕННЯ ВОДНЮ

В процесі експлуатації АЕС відбувається постійне вдосконалення систем контролю і управління. Внаслідок важких аварій було прийнято нові вимоги до безпеки.

Аварія, яка сталася внаслідок землетрусу і цунамі на Фукусіма-1 в Японії (11 березня 2011 року), спричинила зупинку енергоблоку і порушення подачі електроенергії, в результаті якої вийшла з ладу система охолодження реактора, відбувся миттєвий ріст тиску і температури. Із-за скиду радіоактивного пару, який містить водень, стався вибух. Це спричинено тим, що водень, який утворився в результаті аварії і надійшов в герметичну оболонку (ГО), становить серйозну небезпеку герметичності і цілісності.

Один із можливих способів боротьби з водневою небезпекою є встановлення в ГО АЕС пасивних рекомбінаторів (допалювачів) водню РВК. Вони поставляються для реакторів з водою під тиском. А також використовуються в якості основних функціональних елементів системи, які починають діяти при утворенні в приміщенні підвищеної концентрації водню і продовжує працювати, поки концентрація не знизиться до безпечного значення.

Основними перевагами РВК є:

- 1) самозапускна пасивна система;
- 2) ефективність не залежить від наявності парогазової суміші;
- 3) ефективність РВК росте зі збільшенням температури.

Такі поставки призначені для енергоблоків ВВЕР з потужністю 1000 МВт. Цей проект призначений для ХАЕС-2 і РАЕС-4.

Система видалення призначена для каталітичного окислення водню в газовій суміші, яка заснована на реакції отримання води з кисню і водню, при цьому утворюється водяна пара і тепло. Виділення тепла при цій реакції зменшує щільність газу в нижній частині рекомбінатора і стимулює конвекцію, таким чином, забезпечуючи надходження великої кількості водню на каталізатор і високу ефективність роботи. Каталітичне покриття гідрофобне і термостійке, що забезпечує його довгу ефективну роботу. Важливим елементом є система контролю концентрації водню (СККВ). Основними функціями є: забезпечувати неперервний контроль концентрації водню у всіх режимах експлуатації АЕС та забезпечувати неперервний контроль концентрації водню і кисню в умовах запроектої аварії.

При нормальній експлуатації АЕС об'ємна концентрація водню в приміщеннях ГО не повинна перевищувати 0,2% - 0,3%. Для обґрунтування виконання системою заданих функцій враховується, що при максимальному надходженні водню від усіх джерел протягом аварійного періоду концентрація не буде перевищувати 0,5% при наявності 3-4 пасивних рекомбінаторів.

Перелік посилань:

1. К. Марчинковска. "Пассивный автокаталитический рекомбинатор", Описание изделия, 00-68460-250-002, сентябрь 2006.
2. «Инструкция по эксплуатации. Система дожигания водорода. 121-3-25-Э-РЦ-2», ОП РАЭС, 2015 год

УДК 621.039

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-22 Демидюк В.Г.
Доц., к.т.н. Рогачов В.А.

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА WESTINGHOUSE У РЕАКТОРНИХ УСТАНОВКАХ ВВЕР-1000

Виробництво електроенергії тепловою генерацією (ТЕС та ТЕЦ) в Україні обмежено недостатніми власними ресурсами вугілля і складнощами його постачань, а гідроенергетика має незначний потенціал. Тому основна частина енерговиробництва країни забезпечується атомними електростанціями. Однією з найбільш пріоритетних задач для ефективного використання встановленої потужності українських АЕС стала диверсифікація постачань свіжого ядерного палива.

Завантаження активних зон паливом різними постачальниками стало нормальною практикою в країнах Європи. Цьому є ряд причин:

- постачальник і виробник палива визначаються в умовах відкритого конкурсу;
- постачальник постійно стимулюється для покращень палива;
- використання вигоряючих поглиначів постійно оптимізується для збільшення тривалості циклу [1].

Методологію аналізу змішаних завантажень ядерного палива розробила американська компанія “Westinghouse” для реакторів з водою під тиском (ВВЕР або PWR). Аналіз змішаних АкЗ включає в себе зміну параметрів реакторної установки як при нормальних умовах експлуатації, так і при аваріях та порушеннях нормальної експлуатації.

Паливо Westinghouse, яке використовується на АЕС України має більшу ураноемкість в порівнянні з російським, що забезпечує таку ж глибину вигорання при меншому збагаченні по Урану-235 (близько 3,8%), яка досягається російським паливом з більшим збагаченням (близько 4,4 %). Це суттєво зменшує витрати на збагачення при однаковій з паливом ТВЗА глибині вигорання, а також залишає великий запас на збільшення глибини вигорання шляхом підвищення збагачення (до 5%) без внесення змін в конструкцію паливної збірки.

Westinghouse також застосував завантаження, що починається від центру активної зони, і стабілізував завантаження за допомогою моста у формі треноги від центру до кожуха АкЗ. Були також розроблені модельні пристрої з гладкою поверхнею і направляючі для верхнього завантаження, які полегшують завантаження ТВЗ у встановлені ділянки активної зони. У конструкцію удосконалених ТВЗ були внесені зміни, що дозволяють збільшити бічну міцність ґрат і мінімізувати ризик механічного контакту тепловиділяючих складок. Компанія Westinghouse для посилення структурної нежорсткості додала потовщення на кожній решітці (внизу) [2].

Крім того, паливо Westinghouse позиціонується як маневрене, оскільки не має обмежень на кількість циклів зміни потужності, яка зменшує використання російського палива в режимах добового регулювання потужності енергосистеми. Висока надійність ТВЗ Westinghouse, зокрема як маневреного палива, підтверджена багатолітнім досвідом його використання зарубіжними АЕС.

В роботі показано досвід обґрунтування критеріїв безпеки змішаних АкЗ в Україні, Бельгії, Франції, Швеції. Метою дослідження є аналіз використання палива Westinghouse у реакторних установках типу ВВЕР-1000.

Перелік посилань:

1. <http://www.westinghousenuclear.com/About/News/>
2. <http://www.niss.gov.ua/articles/1735/>

**РЕАКТОРНА УСТАНОВКА ВВЕР-1000. ЗБІЛЬШЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ
ВИКОРИСТАННЯ ВСТАНОВЛЕНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЗА РАХУНОК
ОПТИМІЗАЦІЇ ППР**

В багатьох кранах світу ведеться інтенсивна робота за підвищення коефіцієнту використання встановленої потужності. В наш час це дуже актуально, адже в світі панує тенденція розвитку енергетики у сфері енергозбереження а також енергоефективності. Згідно з Енергетичною стратегією України, однією з головних задач є підвищення надійності та ефективності експлуатації АЕС, зокрема, шляхом заміни певного застарілого обладнання, реалізації відповідних заходів для скорочення тривалості ремонтів, збільшення міжремонтних інтервалів, переходу на роботу з підвищеною потужністю, зниження втрат при виробництві електроенергії на АЕС.

Протягом останніх 5 років частка АЕС складала 47-48% від загального обсягу виробництва електроенергії в Україні, середній коефіцієнт використання встановленої потужності енергоблоків АЕС за результатами 2010 року становив 73,6%[1].

В роботі досліджуються можливі шляхи щодо оптимізації строків планово попереджувального ремонту з метою підвищення коефіцієнту використання встановленої потужності за умови підвищення рівня безпеки експлуатації АЕС. Очевидно що зі зменшенням тривалості планово попереджувального ремонту зросте коефіцієнт використання встановленої потужності.

В ході роботи були розглянуті та дослідженні вже існуючі галузеві технічні рішення, зокрема можливі варіанти по скороченню випробувань системи герметичного огороження.

Під випробуванням на герметичність розуміють регламентні експлуатаційні випробування на герметичність повного об'єму системи герметичного огороження вакуумуванням і зниженим надлишковим тиском.

Під скороченням випробувань на герметичність системи герметичного огороження розуміють регламентні експлуатаційні випробування на герметичність повного об'єму системи герметичного огороження тільки вакуумуванням з виключенням етапу випробувань зі зниженим надлишковим тиском.

Обґрунтування можливості скорочення випробувань на герметичність системи герметичного огороження базується на статистичному та якісному аналізі результатів випробувань та інших експлуатаційних даних, в тому числі:

- значення витоку(% від маси пароповітряної суміші зони локалізації аварії за добу)
-
- наявність критичних дефектів при випробуваннях
- дані про проведені роботи по ремонту сталюого облицювання системи герметичного огороження з застосуванням зварювання[2].

Скорочення часу проведення випробувань позитивно позначиться на строках планово попереджувального ремонту, а відповідно принесе суттєвий економічний прибуток.

Перелік посилань:

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року – Київ, 2015.
2. Стандарт підприємства СТП 0.05.054-2005

УДК 62.621

Магістр 6 курсу, гр. ТЯ-41м Євлахович Г.Ю.
Доц., к.т.н. Коньшин В.І.

РОЗРАХУНОК РАДІАЦІЙНОГО РОЗПУХАННЯ ВИГОРОДКИ РЕАКТОРА ЕНЕРГОБЛОКУ №1 ЮУАЕС

Вигородка ядерного реактора ВВЕР-1000 схильна до високих доз радіаційного випромінювання, яке викликає виникнення цілого комплексу дефектів, що призводять до деградації фізико-механічних властивостей матеріалу. Опромінення не тільки призводить до зміни фізичних властивостей матеріалу вигородки, але і до зміни її об'єму – розпухання. Процес розпухання в значній мірі залежить від радіаційної дози, температури опромінення і пов'язаних з розпухання матеріалу напружень і пластичних деформацій.

Оцінка радіаційного розпухання виконана в три етапи:

1) температурний розрахунок з метою визначення температури в кожному елементі моделі вигородки, для розрахункового стану - експлуатація реактора на повній потужності (НЕ);

2) аналітичний розрахунок об'ємних деформацій (тобто радіаційного розпухання), використовуючи значення температури, визначеної на попередньому етапі, і величину з.н.а. (зміщення на атом);

3) рішення задачі механіки (пружно-пластичної) для визначення зміни форми вигородки.

Всі розрахунки буди зроблені для терміну експлуатації РУ 25, 40 та 60 років.

На першому етапі виконано розрахунок стаціонарного температурного поля за умов експлуатації реактора на повній потужності. Розрахунок представляє собою рішення стаціонарної температурної задачі з внутрішніми джерелами теплоти, які відповідають радіаційним тепловиділенням при експлуатації реактора на повній потужності (НЕ), і з відповідними постійними в часі граничними умовами. Розрахунок був виконаний на тривимірній моделі.

Результати розрахунків стаціонарного температурного поля використовувались в аналітичному розрахунку об'ємних деформацій, з використанням наступної формули [1]:

$$\Delta V/V = 0,55(\Phi + 0,1T - 67) \exp(-29,10 \cdot 5(T - 485)^2), \quad (1)$$

де $\Delta V/V$ – відносне радіаційне розпухання, [%],

Φ – пошкоджуюча доза, [з.н.а.],

T – температура опромінення, [°C].

За результатами виконаних розрахунків можна зробити наступні висновки:

1) максимальне радіальне переміщення вигородки (в напрямку її центру) для 60 років експлуатації досягає значення 1,6 мм і не перевищує величину зазору між вигородкою і ТВЗ, який дорівнює 5 мм [2];

2) максимальне радіальне переміщення вигородки (в напрямку, протилежному її центру) для 60 років експлуатації досягає значення 1,2 мм і не перевищує величину зазору між вигородкою і шахтою, який дорівнює 2,5 мм [2];

3) для терміну служби 25, 40 і 60 років радіаційне розпухання досягає прийнятних значень – 0,4%, 2,1% і 4,6% відповідно.

Перелік посилань:

1. The strength of the main equipment and piping VVER Reactors / N.V.Shary , V.P.Semishkin , V.A.Piminov , Yu.G.Dragunov – М.: Izdat 2004, Moscow

2. №23/3812.3.12.1-4 База даних ядерної паропроизводительной установки с реактором ВВЭР-1000/302.

Магістр 6 курсу, гр. ТЯ-41м Іванюк О.В.
Проф., д.т.н. Носовський А.В.

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ АВАРІЄЮ З ТЕЧЕЮ ТЕПЛОНОСІЯ ІЗ ПЕРШОГО В ДРУГИЙ КОНТУР З ВИКОРИСТАННЯМ РК САОЗ ВТ

Основними сучасними напрямками підвищення безпеки діючих енергоблоків АЕС з ВВЕР є модернізація систем важливих для безпеки, а також вдосконалення управління запроектованими і важкими аваріями. Однією із таких аварій є “Теча теплоносія із першого контуру в другий”.

У зв'язку із швидким протіканням перехідного процесу при течах теплоносія із першого контуру в другий (в діапазоні від Ду 40 до Ду100 мм), а також високим рівнем стресу та інформаційним навантаженням на персонал (необхідність контролю тисків першого контуру, аварійного та неаварійних ПП, рівня в КТ, запасу до насичення першого контуру, витрати від САОЗ ВТ і т.д.) при ліквідації цієї аварії, регулювання витратою на напорі САОЗ ВТ в ручну для підтримки запасу до насичення першого контуру, яке на цей час реалізовано в протиаварійних інструкціях, є складним завданням, що у свою чергу призводить до високої імовірності помилки персоналу. Реалізація автоматизованого управління витратою на напорі САОЗ ВТ дозволить мінімізувати вплив людського фактору і, таким чином, зменшити імовірність негативних наслідків при ліквідації течі теплоносія із першого контуру в другий [1].

Реалізація регулювання витрати від насосів САОЗ ВТ полягає у використанні регулюючих клапанів (РК) на їх напорі [2].

Для оцінки ефективності роботи РК при течі з першого контуру в другий було змодельовано два режими роботи в залежності від етапу протікання аварії, в рамках оновленої стратегії енергоблоку №3 ЮУАЕС:

- режим заповнення КТ;
- режим підтримання запасу до насичення.

У доповіді будуть представлені результати аналізу управління аварією з течею теплоносія із першого контуру в другий з регулюванням витрати за допомогою РК на напорі САОЗ ВТ, оцінка недоліків та переваг його використання.

Перелік посилань:

1. Балакан Г.Г. Метод управления расходом системы аварийного охлаждения активной зоны высокого давления при аварийной подпитке первого контура/ Г.Г. Балакан // Збірник наукових праць СНУ ЯЕтаП. — 2009. — № 1 — С. 16—22.
2. “Научно-технические основы мероприятий повышения безопасности АЭС с ВВЭР”: монография / В.И. Скалазубов, А.А. Ключников, Ю.А. Комаров, А.В. Шавлаков; НАН Украины, Ин-т проблем безопасности АЭС, – Чернобыль (Киев обл.): Ин-т проблем безопасности АЭС, 2010. –200 с.

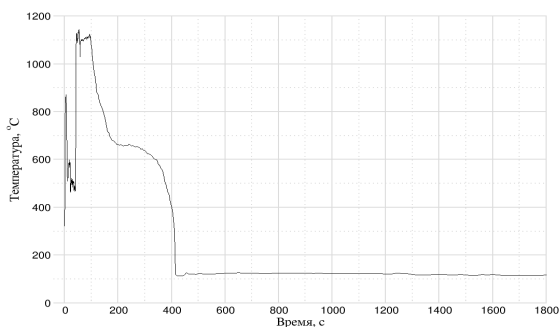
УДК 621.039

Студент, 4курс, ТЯ-22 Кайдик Б.В.
Доц., к.т.н. Рогачов В.А.

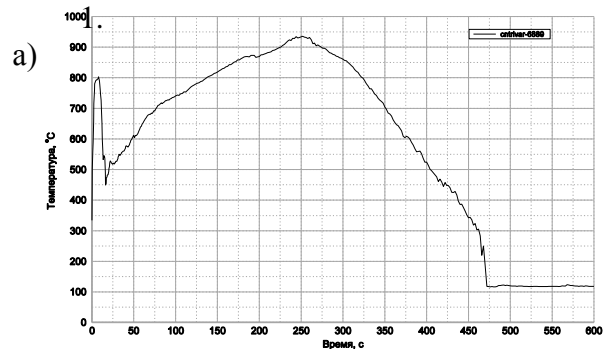
МАКСИМАЛЬНА ПРОЕКТНА АВАРІЯ ДЛЯ РІЗНИХ ТИПІВ ПАЛИВА ЕНЕРГОБЛОКУ ВВЕР-440/В-213

Двосторонній розрив холодної нитки головного циркуляційного трубопроводу (гільйотинний розрив ГЦТ еквівалентним діаметром 2×500 мм) на вході в реактор являється максимальною проектною аварією для реакторів типу ВВЕР-440. Ймовірними причинами розриву можуть бути приховані дефекти ГЦТ або зварних з'єднань. Аварія може призвести до зневоднення і оплавлення активної зони з виходом палива, що розкладається за межі реакторного контуру. Для запобігання небезпечних наслідків пов'язаної з втратою теплоносія, необхідні ефективні засоби аварійного охолодження. Це завдання вирішується шляхом споруди систем аварійного охолодження активної зони (САОЗ), які гарантують умови збереження геометрії активної зони.

В результаті витoku не догрітого до температури насичення теплоносія в перші моменти аварії сумарна витрата з течі досягає значення 21,6 т/с. В результаті цього в активній зоні реактора виникає стагнація і розворот потоку, а також відбувається різке зниження тиску першого контуру і кипіння теплоносія в активній зоні реактора.



паливо 4.38%



б) паливо 4.21%

Рисунок 1 - Максимальна температура зовнішньої поверхні оболонки ТВЕЛ

В результаті припинення циркуляції через реактор на 0,1с починається зростання температури зовнішньої поверхні оболонок ТВЕЛ. Для палива збагаченням 4,38% на 5,2с досягається 1-й пік температури $872,4^{\circ}\text{C}$, коли для палива 4,21% цей ж пік настає лише на 8,0с і сягає $802,9^{\circ}\text{C}$. Періодичне потрапляння охолоджувальної води САОЗ на гарячу поверхню ТВЕЛ викликає інтенсивне пароутворення, зростання тиску в активній зоні і витіснення теплоносія з реактора в тіч, що зумовлює зростання температури оболонок ТВЕЛ. Другий пік температури для різного збагачення палива, в порівнянні з першим має ще більші розбіжності, так на 54с досягає максимального значення температура палива 4,38% - $1149,3^{\circ}\text{C}$, і тільки на 252с паливо зі збагаченням 4,21% досягає $935,3^{\circ}\text{C}$. Подальше заповнення реактора викликає зниження температури оболонок ТВЕЛ.

У роботі показано, що максимальна температура оболонок ТВЕЛів не перевищує температурну межу (1200°C), після якої розпочинається паро-цирконієва реакція, і як результат активна зона не зазнає розплаву та витoku радіоактивних елементів.

Перелік посилань:

1. Ривненская АЭС. Энергоблок №1. Отчет по анализу безопасности. Анализ проектных аварий. Анализ нарушений нормальной эксплуатации и проектных аварий при работе энергоблока на мощности. 07/08-09.720.ОД.1 22.1.145.ОБ.04.01. 2011.

2. EP21-2005.510.ОД.1 Отчет. Обосновывающие анализы применения рабочих кассет обогащением 4,21% в промышленной эксплуатации энергоблока №1 РАЭС. 2005.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЯЕУ В РАМКАХ ПРОГРАМИ ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Відповідно до нової Енергетичної стратегії України [1] одне з головних завдань розвитку енергетики – забезпечення енергетичної безпеки, надійного функціонування енергетичної інфраструктури і захист критичних об'єктів, до яких належать і АЕС України.

На даний момент експлуатації перебувають 15 енергоблоків (13 енергоблоків ВВЕР-1000 та 2 енергоблоки ВВЕР-440) які відпрацювали, в середньому, близько половини передбаченого проектами терміну експлуатації. Продовжено терміни експлуатації енергоблоків Рівненської АЕС № 1 та 2 на 20 років на період до грудня 2030р. та грудня 2031р., відповідно. Подовжено терміни експлуатації енергоблоків № 1 та 2 Южно-Української АЕС на 10 років – до грудня 2023р., та грудня 2025р., відповідно. Виконуються планові заходи з подовження термінів експлуатації на енергоблоках № 1 та 2 Запорізької АЕС. До 2025р. подовження термінів експлуатації потребуватиме значна кількість атомних енергоблоків.

Атомна електростанція задовольняє умовам безпеки, якщо її радіаційний вплив на персонал, населення і навколишнє середовище під час нормальної експлуатації, порушень нормальної експлуатації та проектних аварій не призводить до перевищення встановлених дозових меж опромінення персоналу і населення, нормативів викидів і скидів, умісту радіоактивних речовин у навколишньому середовищі, а також обмежується у випадку запроектованих аварій [2].

В роботі досліджуються можливі варіанти забезпечення надійної експлуатації АЕС. Головним етапом в забезпеченні надійної експлуатації АЕС є планово-попереджувальний ремонт – комплекс організаційних і технологічних заходів з догляду, надзору, експлуатації і ремонту технологічного обладнання, направлених на попередження передчасного зносу деталей, вузлів і механізмів і їх підтримку в робочому стані.

Також необхідним за вимогами МАГАТЕ [3] і важливим для безпечної експлуатації АЕС після закінчення проектного терміну експлуатації є проведення кваліфікації обладнання. Кваліфікація обладнання – підтвердження того, що конструкція, система (елемент) в межах всього терміну експлуатації буде виконувати задані функції, як при нормальній експлуатації, так і при проектних аваріях з урахуванням властивостей середовища, в якій функціонує система (елемент) [4]. Кваліфікація в лабораторії проводиться в формі типових випробувань на основі міжнародних норм, стандартів, національних і міжнародних керівництв і рекомендацій. Після проведення випробувань здійснюються заключні вимірювання на основі яких підтверджується функціональність випробуваного обладнання. Таким чином кваліфікація є гарантією надійної експлуатації ЯЕУ.

Перелік посилань:

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року – Київ, 2015.
2. НП 306.1.02/1-034 "Загальні положення забезпечення безпеки атомних станцій"
3. Safety Reports Series No. 3. // Equipment Qualification in Operational Nuclear Power Plants : Upgrading, Preserving and Reviewing. / – Vienna: International Atomic Energy Agency, 1998. – (ISBN 92–0–101098–2; 3)
4. ДІПІ 305/172-RU/R.2 «Отчет по адаптации результатов квалификации оборудования на других АЭС»

ДІАГНОСТУВАННЯ ГЕРМЕТИЧНОСТІ ОБОЛОНОК ТВЕЛІВ МЕТОДОМ СІПІНГ-КОНТРОЛЮ

Важливим напрямком забезпечення надійної і безпечної експлуатації атомних електростанцій (АЕС) є своєчасне визначення рівня розгерметизації тепловиділяючих елементів (твел). Основний нормативний критерій можливості використовувати паливне завантаження, відповідно до ПБЯ-2008, - кількість негерметичних (пошкоджених) твелів в активній зоні через різного типу нещільності. За даним документом границею безпечної експлуатації по кількості і характеру дефектів твелів складає: 1% твелів з дефектами типу «газова нещільність» і 0,1% твелів, для яких має місце прямий контакт теплоносія з ядерним паливом [1]. Тому головною метою КГО є виявлення негерметичних відпрацьованих збірок і недопускання подальшої їх експлуатації, якщо вони перевищили критерій відмови.

На сьогодні перед АЕС України поставлено багато завдань, одними з яких є розширення ринку ядерного палива та підвищення коефіцієнту використання встановленої потужності. Впровадження нових інноваційних систем та підвищення рівня надійності експлуатації АЕС є вирішенням цих завдань. Однією з таких систем є контроль герметичності оболонок (КГО) твелів методом сіпінг-контролю.

Даний метод вбачає використання штанги машини перезавантажувальної для проведення КГО твел, дозволяє поєднати процедуру виявлення тепловиділяючої збірки (ТВЗ) з негерметичними твелями з транспортними операціями по переміщенню ТВЗ при перезавантаженні палива. Таким чином, досягається оптимальний варіант процедури КГО твел під час планово-попереджувального ремонту. Система оперативного сіпінг-контролю забезпечує оперативну, достовірну і безпечну перевірку всіх перевантажених ТВЗ в процесі їх транспортування. Використання сіпінг-методу (КГО) в робочій штанзі перезавантажувальної машини дозволяє підвищити безпеку при поводженні з паливом на АЕС (знижується ризик пошкодження паливних касет під час транспортно-технологічних операцій за рахунок зменшення числа операцій з паливом.), а також отримати значний економічний ефект через зменшення часу, потрібного на проведення контролю [2]. Операції по перезавантаженню палива тривають 15-25 діб, а при використанні даного методу цей строк можна скоротити до 10 діб.

Впровадження даної системи – це один із заходів комплексної (зведеної) програми підвищення рівня безпеки енергоблоків атомних електростанцій України (КЗПБ) [2]. На даний час вже більше половини блоків завершили встановлення та успішно експлуатують дану систему. І цей процес встановлення має бути і далі продовжений згідно КЗПБ, бо це є шлях забезпечення скорочення часу на проведення КГО твелів та зменшення кількості рідких радіоактивних відходів (за рахунок скорочення потреби в борному розчині). В сукупності це все дає окрім економічного ефекту, зниження дозового навантаження на персонал АЕС, що є пріоритетним завданням даної галузі.

Перелік посилань:

1. НП 306.2.145–2008. Правила ядерної безпеки реакторних установок атомних станцій з реакторами з водою під тиском. — Затвердж. наказом Держатомрегулювання від 15.04.2008 № 73; зареєстр. Мін'юстом 09.06.2008 за № 512/15203. — К. : ДКЯРУ, 2008. — 52 с.
2. Комплексна (зведена) програма підвищення рівня безпеки енергоблоків атомних електростанцій. — Затвердж. Постановою КМУ від 07.12.11 № 1270; — 227 с.

УДК 621.039

Магістр 6 курсу, гр. ТЯ-41м Кириленко Ю.О.

К.ф.-м.н. Богорад В.І.

Проф., д.т.н. Носовський А.В.

МЕТОДИКА ОЦІНКИ РАДІАЦІЙНИХ НАСЛІДКІВ ПРИ АВАРІЯХ ІЗ РОЗЛИВОМ РІДКИХ РАДІОАКТИВНИХ СЕРЕДОВИЩ

На етапі підвищення безпеки підприємств ядерно-паливного циклу в Україні необхідно вибудувати методологічну базу оцінки та аналізу безпеки. Розробка методики оцінки радіаційних наслідків викидів при аваріях з розливом рідких радіоактивних середовищ повинна вирішити ряд важливих завдань у даному напрямку, таких як:

- мінімізація радіаційного впливу на населення, персонал та навколишнє середовище у випадках подібних аварій, відповідно до закону України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», а також НРБУ-97;
- аналіз проектних та запроектних аварій на атомних станціях;
- обґрунтування та експертна оцінка даних звітів з аналізу безпеки.

Аналіз аварій та інцидентів з розливом рідких радіоактивних середовищ показав, що проблеми оцінки радіаційних наслідків викидів при подібних аваріях залишаються актуальними, і повинні бути вирішені.

На сьогодні у світі існує ряд спеціальних розрахункових кодів, за допомогою яких з'являється можливість із достатньою точністю оцінити радіаційні наслідки для випадків різних аварій на підприємствах ядерно-паливного циклу. Вони, найчастіше, потребують великої кількості вхідних даних та розрахункового часу. Перевагою розробленого підходу є оперативна та консервативна оцінка радіаційних наслідків. Модель може використовуватись безпосередньо під час аварії і з достатнім ступенем консерватизму давати адекватну оцінку радіаційних наслідків для великої кількості початкових умов аварій із розливом рідких радіоактивних середовищ у приміщеннях із припливно-витяжною вентиляцією.

В ході досліджень на прикладі демонстративної оцінки були проаналізовані деякі характеристичні залежності між вхідними параметрами та основними показниками радіаційної обстановки аварійного приміщення та оточуючого середовища. Аналіз показав, що існує мінімальний набір технологічних заходів та проектних засобів, які можуть значно знизити радіаційні наслідки при аваріях із розливом радіоактивних рідин в приміщеннях із припливно-витяжною вентиляцією, тим самим, знизивши дози опромінення населення та оперативного персоналу об'єкта. Так, у випадку аварії із розливом радіоактивного розчину із температурою, близькою до температури кипіння, оперативне дренування радіоактивної рідини та вентиляція аварійного приміщення прогрітим припливним повітрям дозволяють досягти мінімальних об'ємних концентрацій радіоактивних речовин у повітрі приміщення та викидів радіоактивних аерозолів в оточуюче середовище.

Розроблена методика дозволяє вирішити ряд важливих задач, пов'язаних із оцінкою радіаційних наслідків при аваріях із розливом рідких радіоактивних середовищ.

Перелік посилань:

1. The interface between safety and security at nuclear powerplants. INSAG-24, IAEA, Vienna, 2010
2. Slepchenko O., Bogorad V., Kyrylenko Y. Evaluation of radiation consequence so freleases in accidents with spillso fliquid radio active material sinareas with force dventilation // 12th international conference of young scientists one nergyissues (CYSENI 2015), Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2014. ISSN 1822-7554, p. 444-453.

УДК 621.43.056:632.15

Студентка 4 курсу, гр. ТЯ-21 Кірдей Ю.В.
ст.викл. Сахно О.В.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДВОДУ ТЕПЛА ВІД БАСЕЙНУ ВИТРИМКИ НА ЕНЕРГОБЛОКАХ З РЕАКТОРАМИ ТИПУ ВВЕР-1000

В проєкті АЕС передбачаються системи, важливі для безпеки, які виконують функції аварійного охолодження ядерного палива і відведення тепла до кінцевого поглинача.

Згідно з НП 306.2.141-2008 система розхолодження басейну витримки – система нормальної експлуатації, важлива для безпеки, так як її відмови можуть послужити вихідною подією для аварії.

Система розхолодження БВ (ТГ) є основною системою щодо відведення тепла від ВЯП, яке довго зберігається в басейні витримки, палива, що надходить в БВ в період ревізії головного циркуляційного контуру, а також у разі аварійної вивантаження палива з реактора.

В ході виконання роботи було проведено аналіз басейну витримки, розглянуто призначення системи, її характеристики і короткий опис.

Метою роботи був аналіз режимів роботи системи ТГ та підтвердження гарантій виконання системою функцій безпеки.

Під час аналізу було розглянуто 3-х каналну будову системи. Проєкт системи розхолодження басейну витримки передбачає, що кожен з каналів системи повинен забезпечувати тепловідвід від будь-якого з відсіків БВ або від обох відсіків БВ відразу. Це дає можливість системі при роботі одного каналу, другий тримати в резерві, а третій на ремонті.

Також система була проаналізована на кваліфікацію обладнання, принцип одиничної відмови, надійності компонентів обладнання та працездатність.

Особливу увагу було приділено умовам безпечної експлуатації, обмеженням по експлуатації, відхилення системи від нормальних режимів експлуатації та заходам безпеки.

В кінці роботи було визначено, що основним критерієм виконання системою своїх функцій є підтримка температури води в басейні витримки не більше 70 ° С при повному вивантаженні зони.

Провівши аналіз системи охолодження басейну витримки, можна зробити висновок, що система в межах свого терміну служби виконує покладені на неї функції як при нормальній експлуатації, так і при проєктних аваріях.

Перелік посилань:

1. Инструкция по эксплуатации системы охлаждения бассейна выдержки 123456.РО.ТГ.ИЭ.07.Д
2. Загальні положення безпеки атомних станцій. НП.306.2.141-2008, затверджені наказом Державного комітету ядерного регулювання України від 19.11.2007 р. №162, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 25.01.2008 р. за №56/14747. – 47 с.

ПОКОЛІННЯ КЕРМЕТНИХ ТВЕЛІВ НА ОСНОВІ МІКРОПАЛИВА ДЛЯ ВВЕР

У ВВЕР успішно експлуатуються твели з керамічним паливом та оболонкою із сплаву E110 при середній глибині вигорання 43-45 МВТ· доба/кг із забезпеченням 3-4 річних кампаній. Для покращення економічних показників паливних циклів і подальшого підвищення експлуатаційних характеристик ВВЕР була розроблена програма «Ефективна економіка», в якій передбачено підвищення безпеки реактора за рахунок підвищення середнього вигорання палива до 55-60МВТ· доба/кг, залучення 5-6 річного паливного циклу та інших методів. Вказані проблеми планують вирішити з використанням традиційних технічних рішень, направлених на вдосконалення твелів з керамічним паливом. Мова йде про розрахунково-конструкторські та експериментальні дослідження по створенню для ВВЕР керметних твелів на основі мікропалива з матричною структурою.

Керметний ТВЕЛ відрізняється від твелу з керамічним паливом та інших твелів дисперсійного типу, тим що:

- керметна паливна серцевина має матричну структуру, яка унеможливорює контакт між паливними частинками розміром 500 мкм, при об'ємній частці ядерного палива в композиції 70%;
- в якості матеріалу матриці використовують сплав на основі цирконію;
- між оболонкою та серцевиною знаходиться підшар із матеріалу типу силуміну, що забезпечує металургійне щеплення та високу теплопровідність.

Розробка такого твелу в якості альтернативного варіанту дозволить кардинально підвищити безпеку реакторної установки, збільшити експлуатаційні та економічні характеристики реактора, зменшити капітальну та експлуатаційну складову затрат в структурі вартості електроенергії.

При використанні керметного твелу на основі мікропалива на діючих АЕС зберігається незмінність внутрішньої структури ТВЗ, що дозволяє встановлювати нові активні зони без суттєвих змін конструкцій реакторних установок. Використання таких твелів дозволить реалізувати в більшому об'ємі його переваги, тобто, створити герметичний перший контур, спростити та здешевити системи безпеки, автоматичного управління, радіаційного захисту, очистка теплоносія і т.д. Використання керметного твелу може надати установці підвищених експлуатаційних властивостей по безпеці в різних умовах роботи, маневреності, вібростійкості за рахунок:

- використання контактного пластичного матеріалу між оболонкою і тепловідляючою серцевиною, яка забезпечує переніс тепла без суттєвого перегріву тепла, і зниження термомеханічних напружень в оболонці;
- створення матричної структури в твелах керметної композиції, що забезпечує мінімальне розпухання, високу теплопровідність і корозійну стійкість;
- використання керметної структури композиції з об'ємною часткою UO_2 до 70% і металічної матриці з достатньою міцністю для забезпечення геометричної стабільності твела.

Перелік посилань:

1. Решетников Ф.Г., Бибилашвили Ю.К., Головнин И.С. Проблемы создания ТВЕЭЛов ВВЭР-1000 для работы в условиях маневренных АЭС и повышенного выгорания. - Атомная энергия, 1988, т.64. вып.4, 258-267

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-22 Кознюк Д.В.
Доц., к.т.н. Овдієнко Ю.М.

ОБҐРУНТУВАННЯ БЕЗПЕКИ РЕАКТОРНОЇ УСТАНОВКИ ВВЕР-1000 ЗА УМОВ ВИКОНАННЯ МАНЕВРУ ПОТУЖНОСТІ

На сьогоднішній день, найбільшою проблемою України в сфері енергетики є невідповідність виробленої та спожитої електроенергії. Доля атомної енергетики, на ринку зростає, а установок, що працюють в піковому режимі-зменшується. Це ще більше погіршує ситуацію. Рішенням цієї проблеми є введення роботи атомних енергоблоків в маневреному режимі. Це дає змогу регулювати потужність вироблення електроенергії в рамках 100-80% від номінальної, що в свою чергу, призведе до оптимізації роботи єдиної енергосистеми з характерними для неї добовими коливаннями споживання електроенергії.

Після успішної дослідної реалізації маневреного режиму на 2-му енергоблоці Хмельницької АЕС, фахівці вирахували найоптимальніший графік зміни теплової потужності реактора:

- Розвантаження з 100% до 80% за час - 1год.
- Робота на потужності 80% протягом 7год.
- Підйом до потужності 100% за час - 2год.
- Робота на потужності 100% протягом 14год.

Режим маневрування супроводжується появою ксенонових коливань ,які за певних умов можуть мати незатухаючий характер, що в свою чергу призводить до виникнення низки проблем, в тому числі і перекосу поля енерговиділення. Тому, реалізація режиму, призводить до ускладнення в управлінні реакторною установкою. Розглянемо декілька типів проектних аварій, що можуть виникнути в процесі реалізації маневру.

Відсутність управління висотним полем енерговиділення протягом тривалого часу. Дана аварія призводить до формування фази ксенонових коливань великої амплітуди.

Помилковий вприск концентрату борної кислоти при управлінні потужністю за рахунок зміни положення ОР СУЗ. В даній аварії розглядається помилкове введення оператором в активну зону концентрату борної кислоти, що призводить до порушення умов нормальної експлуатації реактора. В таблиці 1, приведені дані, які показують відхилення критеріїв приємливості, від значень при нормальній експлуатації[1].

Таблиця 1 – Критерії приємливості при різних режимах роботи

Режим роботи	Назва параметра		Режим роботи	Назва параметра	
Аварія №1	T _{max} (твел)	DNBR _{min}	Аварія №2	T _{max} (твел)	DNBR _{min}
Аварійний	1685	1.63	Аварійний	1.91	1297
Нормальний	1244	2.67	Нормальний	2.67	1244

При виконанні маневрування потужністю, як в режимі нормальної експлуатації енергоблоку, так і в режимах порушень критерії приємливості виконуються.

Перелік посилань:

1. Халимончук В.А. “Ксеноновыекосебаниямощности на ВВЭР-1000”, Киев, Ядерная и радиационнаябезопасность, 2003, №2, с. 95-107

ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ ВИГОРЯЮЧОГО ПОГЛИНАЧА ДЛЯ ВВЕР-1000

Одним з найбільш поширених реакторних установок для АЕС є водо-водяні легководні. Подібні установки планується використовувати і надалі при будівництві АЕС у різних країнах. Головними напрямками вдосконалення паливного циклу РУ даного типу є подовження кампанії реактора, що досягається підвищенням глибини вигорання палива та підвищенням збагачення палива підживлення. Реалізація таких паливних циклів неможлива без застосування вигоряючих поглиначів. Вигоряючі поглиначі в ВВЕР не тільки покращують використання урану: вони потрібні для вирівнювання розподілу енерговиділення в активній зоні і реалізації більш безпечного (від'ємного) температурного коефіцієнта реактивності. В якості вигоряючих поглиначів в РУ даного типу доцільно використовувати матеріали, що мають високі перетини поглинання нейтронів зі значеннями більше 1000 барн, таких як Eu, Sm, Dy, Gd, Er, Cd і Hf.

У ВВЕР-1000, на даний час, найбільш поширене використання оксиду гадолінію, рівномірно розподілений по об'єму паливних таблеток в декількох паливних елементах касети – зазвичай в 6-ти або 9-ти тепловиділяючих стрижнях із 312. Оксиди Гадолінію 155 та 157 набули широко застосування, через великі перерізи захоплення та їхній перехід до стабільного стану ізотопу 156 та 158 відповідно. Але застосування Гадолінію лімітовано тим, що він значно впливає на теплопровідність палива (знижуючи її) що негативно впливає на процес теплообміну та суттєво збільшує нерівномірність енерговиділення на початку кампанії [1]. В наш час РУ використовуються майже на максимальних економічних показниках. У зв'язку з необхідністю їх підвищення, постало питання зменшення термінів простою РУ. Найперспективнішим рішенням цього завдання є використання Ербію в якості вигоряючого поглинача при підвищенні збагачення палива підживлення. В результаті це дозволить збільшити час активної роботи, що збільшить сумарну генерацію та дозволить отримати суттєвий економічний ефект [2].

На відміну від Гадолінію (природна суміш – 46000 барн та 157 ізотоп – 254 тис. барн (абсолютний рекорд)), Ербій є слабким поглиначем (переріз захоплення 1000 барн). Але головним позитивним моментом є те, що включення Ербію практично не впливає на теплопровідність палива та абсолютно не впливає на розподіл енерговиділення, тому що розміщуються в усіх або більшості ТВЕЛів. Навіть простий аналіз теплопровідності природних сумішей оксидів Гадолінію (10 Вт/м·К) та Ербію (14,5 Вт/м·К) явно показує різницю, при тому що Урану – 27,5 Вт/м·К. Наприклад, при збільшенні включень Гадолінію до 8% у паливної суміші, теплопровідність падає майже вдвічі, що є негативним ефектом.

Використання Ербію в якості вигоряючого поглинача є одними з найперспективніших шляхів підвищення економічності та безпеки паливних циклів. Використовуючи удосконалені таким чином паливні цикли, ми зможемо завантажувати більш збагачене паливо без ризиків, що дозволить проводити перевантажувальні роботи рідше, тим самим зменшити час простою РУ.

Перелік посилань:

1. С. В. Широков, В. В. Заєць. Глибина вигорання ядерного палива ВВЕР з різними вигоряючими поглиначами, 2011, № 4(52), 1.
2. Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт». Современное состояние проблемы поглощающих нейтроны материалов и изделий на их основе для реакторов типа ВВЭР-1000, Харьков, 1998.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ДАТЧИКІВ ПОТОЧНОГО КОНТРОЛЮ РАДІАЦІЙНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПІД ЧАС ПЕРЕВЕЗЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ

Радіоактивні матеріали найбільш вразливі до пошкоджень, втрат або викрадень під час перевезення, але в Україні на сьогоднішній день контроль відбувається лише при відвантаженні та отриманні радіоактивних матеріалів [1]. Зважаючи на це, контроль за радіоактивними матеріалами повинен відбуватися цілодобово. Для постійного моніторингу стану та місця знаходження контейнера при транспортуванні сьогодні в світі застосовуються системи навігації. Основною проблемою таких систем є енергозабезпечення при автономній роботі з мінімальним впливом людського чинника при експлуатації та обслуговуванні для підвищення безпеки.

Метою роботи є визначення основних характеристик, що потребують контролю під час безпечного транспортування радіоактивних матеріалів, визначення основних характеристик датчиків радіаційного контролю, що можуть використовуватися під час контролю безпечного транспортування радіоактивних матеріалів, визначення сертифікації датчиків, збір технічної документації.

Для визначення основних характеристик радіаційних матеріалів було проаналізовано вітчизняний ПБМ-2006 та міжнародний SSSNoTS-R-1 нормативні документи.

Згідно нормативних документів радіоактивні матеріали повинні транспортуватися лише у пакувальних комплектах. Пакувальний комплект - сукупність елементів, необхідних для повного розміщення й утримання радіоактивного вмісту. Пакувальний комплект може бути у формі ящика, бочки чи аналогічної приймальної ємності, але може бути й вантажним контейнером, резервуаром або контейнером середньої вантажопідйомності для масових вантажів. Пакувальний комплект повинен бути конструйований і оброблений так, щоб зовнішні поверхні не мали частин, що виступають, і могли бути легко дезактивовані.

Для того щоб цілодобово перевіряти рівень випромінювання упаковки чи транспортного пакету з радіоактивними матеріалами необхідно обладнати упаковки засобами контролю. При цьому такий контроль потрібно проводити постійно в автономному режимі без присутності персоналу, та з передачею інформації від пристрою в on-line режимі за допомогою супутникового зв'язку на відповідні пункти моніторингу, протягом всього часу виконання операції по транспортуванню партії радіоактивних матеріалів.

На підставі вимог нормативно-технічних документів, аналізу різних типів радіонуклідів і границь активностей матеріалів та предметів, а також вимог які існують для дозиметрів, визначили головні характеристики для дозиметрів та їх типи, які представлені в звіті [3].

Перелік посилань:

1. Обнаружение радиоактивных материалов на границах. МАГАТЭ, ВЕНА, 2003 IAEA-TECDOC-1312/R © МАГАТЭ, 2003 Издано МАГАТЭ в Австрии Август 2003
2. <http://www.project-ukraine.eu/>
3. ТЕФ НТУУ «КПІ» Horizon 2020. Звіт, 2015.

УДК 621.039.58

Студент 5 курсу, гр. ТЯ-51м Косяк П.С.
Ст.викл., к.т.н. Сахно О.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ КОРПУСІВ РЕАКТОРІВ ВВЕР-1000 ЗА ДОПОМОГОЮ ЗРАЗКІВ-СВІДКІВ

Корпус реактора є одним із бар'єрів безпеки. Тому інформація про його стан є умовою безпечної експлуатації АЕС.

Одним з головних методів контролю стану корпусу реактора є програма по контролю властивостей металу корпусу реактора з використанням зразків-свідків з матеріалу корпусу даного реактора. Ці методи зводяться до побудови залежності зсуву критичної температури крихкості ΔT_F від набраного флюенса швидких ($E \geq 0,5$ MeV) нейтронів та визначення коефіцієнту радіаційного окрихчування A_F

В Україні процедура обробки результатів випробувань зразків-свідків регламентується документом ПНАЕ Г-7-003-86. В даний час в рамках МАГАТЕ розробляється нормативний документ Unified Procedure for Lifetime Assessment of Components and Piping in NPPs with WWER type reactors“ (VERLIFE), який покликаний об'єднати найбільш розвинені методи обробки результатів.

Основне завдання полягає у визначенні можливості використанні VERLIFE у визначенні залежності зсуву критичної температури крихкості ΔT_F від набраного флюенса швидких ($E \geq 0,5$ MeV) нейтронів та визначення коефіцієнту радіаційного окрихчування A_F .

Для виконання даної задачі необхідно виконати відповідні розрахунки та побудувати відповідні графіки за процедурою ПНАЕ Г-7-003-86 та VERLIFE. І далі необхідно проаналізувати схожість результатів.

Перелік посилань:

1. Типова програма контролю властивостей металу корпусів реакторів ВВЕР-1000 за зразками-свідками ГП НАЕК «Енергоатом».
2. Норми розрахунку на міцність обладнання та трубопроводів атомних енергетичних установок ПНАЕ Г-7-002-86.

УДК 536.24

Магістр 6 курсу, гр. ТЯ-41м Кошелюк А.О.
Доц., к.т.н. Кравець В.Ю.

ВПЛИВ ДОВЖИНИ ЗОНИ НАГРІВУ ДВОФАЗНИХ ТЕРМОСИФОНІВ НА МАКСИМАЛЬНІ ТЕПЛОВІ НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ СУХОГО СХОВИЩА ВІДПРАЦЬОВАНОВОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА

Відведення продукуюваної відпрацьованим ядерним паливом залишкової теплоти за межі сховищ мокрого зберігання (басейни витримки при реакторах) та сухого зберігання (камери-сховища, контейнери, кесони) може ефективно здійснюватись за допомогою пасивних систем випарувально-конденсаційних систем (ВКС) теплопередачі.

Використання технології ВКС для забезпечення ефективного пасивного тепловідведення від відпрацьованого ядерного палива дозволяє підвищити надійність, безпеку і компактність засобів для зберігання ВЯП.

Дослідження впливу довжини зони нагріву проводились на мідних термосифонах з внутрішнім діаметром $d_{вн}=16 \cdot 10^{-3}$ м, довжиною 1,5 м та водою у якості теплоносія. Відведення теплоти від зони конденсації організовувалось водою зі сталою витратою та температурою.

Результати досліджень зображені на рисунку 1. Експерименти показали, що для термосифонів при збільшенні теплового навантаження термічний опір зменшується до певного значення, яке відповідає максимальному тепловому потоку, який може передавати термосифон при заданій конфігурації. При збільшенні довжини зони нагріву максимальний тепловий потік, який може передавати даний термосифон, зростає.

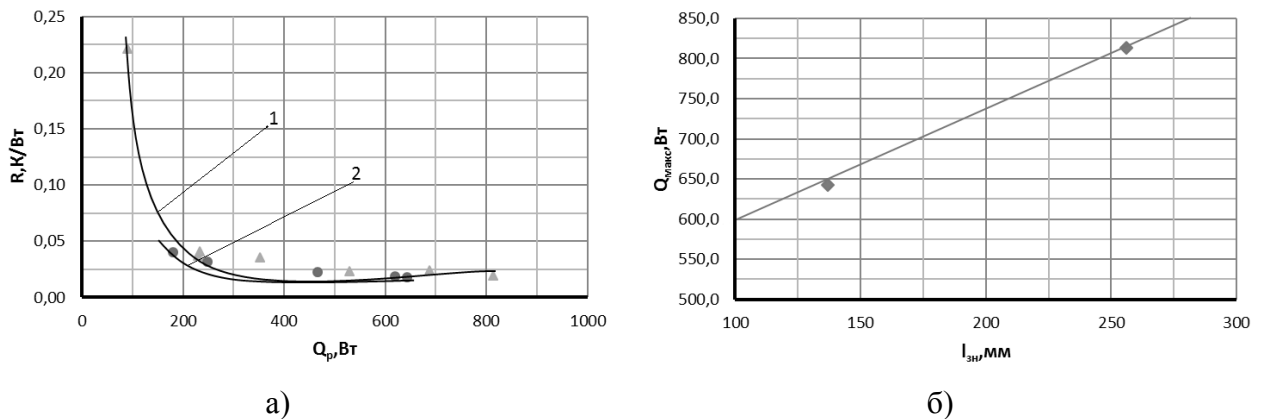


Рисунок 1 – Залежність термічного опору від відведеного теплового потоку (а) та залежність максимального теплового потоку від довжини зони нагріву (б)
(1- $l_{zn}=137$ мм, 2- $l_{zn}=256$ мм)

Перелік посилань:

1. Безродный М.К. Двухфазные термосифоны в промышленной теплотехнике/М.К. Безродный, С.С. Волков, В.Ф. Мокляк. – К.: Вища школа, 1991. – 75 с.

Студентка 4 курсу, гр. ТЯ-21 Кравцова Т.Г
Доц., к.т.н Коньшин В.І.

СУЧАСНІ МЕТОДИ ПІДГОТОВКИ ДОДАТКОВОЇ ВОДИ НА АЕС З РЕАКТОРАМИ ВВЕР-1000

Безпека експлуатації ядерної енергетичної установки АЕС багато в чому залежить від якості теплоносія та 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-1000. Основні технологічні схеми та обладнання, яке застосовується для хімічного очищення води, розглянуто на прикладі обладнання хімічного цеху 1-го енергоблоку Хмельницької 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, на хімводоочищення (ХВО) і подальшої переробки та очищення на установках СВО, БОУ за призначенням .

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. Хмельницька АЕС. Енергоблок № 1. Технологія підготовки води для теплоенергетичних установок. – 2008, 122 с.

АНАЛІЗ СТАНУ ВНУТРІШНЬОКОРПУСНОЇ ШАХТИ РЕАКТОРА І БЛОКУ ЮЖНО-УКРАЇНСЬКОЇ АЕС З МЕТОЮ ПРОДОВЖЕННЯ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Актуальність проблеми продовження ресурсу та управління терміном служби основного обладнання атомних реакторів України обумовлена наступними факторами: наближенням проектного терміну закриття для більшості реакторів; неприпустимістю зниження рівня безпеки та надійності експлуатації АЕС в умовах старіння основного обладнання; високою вартістю і тривалістю будівництва нових АЕС; можливістю відстрочення за часом рішення проблем закриття АЕС і поховання радіаційно-активних відходів; економічною ефективністю продовження терміну експлуатації АЕС.

Метою даного розрахунку є оцінка терміну безпечної експлуатації шахти внутрішньокорпусної реактора енергоблоку № 1 ВП ЮУАЕС за наступним критерієм: умова циклічної міцності.

Розрахунок міцності шахти внутрішньокорпусної виконується в наступній послідовності:

- вибір розрахункових режимів;
- розробка розрахункової моделі;
- визначення розрахункових режимів;
- розрахунки міцності за допомогою методу скінчених елементів;
- розрахунок втомлюючого пошкодження.

Розрахунки втомного пошкодження ґрунтуються на проектних режимах і блоках навантаження [1]. Основними навантаженнями, що діють на шахту внутрішньокорпусну, являються:

- температурне поле;
- результуюче зусилля, викликане стисненням пружин в голівках ТВЗ, масою АЗ і вигородки, в тому числі і підйомні, і гідродинамічні зусилля, діючі на АЗ;
- перепад тиску, діючий на зовнішню поверхню шахти від вузла поділу потоку до нижньої плити вигородки;
- максимальне зусилля, викликане стисненням тороїдальної труби $\varnothing 65 \times 5$;
- маса шахти.

Для створення розрахункової скінчено-елементної моделі шахти і корпусу реактора використана САПР модель. Скінчено-елементна сітка шахти створена тільки з використанням лінійних елементів. Для розрахунків відгуку на механічні зусилля були застосовані восьмивузлові кінцеві елементи. Для коректного визначення крайових умов в модель також включений корпус реактора. Вся створена кінцево-елементна сітка складається з 430 888 елементів.

Оцінка терміну безпечної експлуатації шахти внутрішньокорпусної реактора енергоблоку № 1 ВП ЮУ АЕС виконано відповідно до вимог норм [2]. На підставі виконаних розрахунків можна зробити висновок: у всіх прийнятих режимах навантаження не перевищують допустимий - умова статичної міцності виконується; втомлююче пошкодження $a \ll 1$ - умова циклічної міцності виконується.

Перелік посилань:

1. Пиштора В. и др. Анализ русловий эксплуатации реактора и связанных с ним систем// Отчет ИЯИ Ржеж по контракту № 02-2007 от 01.02.2008 (этап 3.1.3) ДІТІ 301/494, 2010.
2. Временные нормы расчета на прочность внутр. Корпусних устройств ВВЭР.

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ПЕРЕРОБКИ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА АЕС

На сьогоднішній день 30 країн світу використовують атомну енергетику. За оцінками МАГАТЕ, у світі накопичено приблизно 300 тис. тон відпрацьованого ядерного палива (у перерахунку на важкий метал). Щорічно світова ядерна енергетика збільшує ці обсяги на 10,5 тис. тон.

Відпрацьоване ядерне паливо (ВЯП), з одного боку, є цінною енергетичною сировиною, яка повторно може бути задіяна в ядерно-паливному циклі, з іншого боку, воно є небезпечним для людей та навколишнього середовища продуктом.

На сьогодні у світі існують дві основні стратегії поводження з ВЯП, для яких характерним є певна завершеність циклу:

- пряме поховання у стабільних геологічних формаціях (відкритий ядерно-паливний цикл);
- переробка ВЯП, повторне використання урану, плутонію й інших радіонуклідів, поховання РАВ (замкнутий ядерно-паливний цикл).

Перший підхід передбачає ізоляцію ВЯП (після його витримки та охолодження у пристанційних басейнах упродовж 3-5 років) у сховищах, споруджених у стабільних геологічних формаціях, та консервацію цих сховищ на сотні тисяч років. Однак такий підхід потребує наявності відповідних природних умов, дотримання вимог екологічної експертизи та державного законодавства при виборі місця, будівництві, експлуатації й консервації підземного об'єкту. Головними ускладнюючими факторами для забезпечення безпеки при цьому підході є довгострокова висока радіоактивність і високе тепловиділення.

Щодо другого методу, то він є більш технологічно складним, а відповідно і більш дорогим, проте дозволяє вилучати з ВЯП уран й плутоній для їх повторного використання при виготовленні паливних елементів для легководних реакторів. Головним недоліком даного методу є те, що при переробці ВЯП, утворюється РАВ, котрі в подальшому, підлягають похованню за традиційними технологіями.

Кожен з розглянутих методів є доволі складним в сфері технологічної реалізації та відповідно вони потребують значних фінансових витрат, котрі більшість країн, які використовують АЕС, не можуть собі дозволити.

Такою країною є і Україна. Оскільки, зважаючи на складну економічну та політичну ситуацію, що склалась на сьогоднішній день, ми не маємо змоги реалізувати описані вище методи, було прийнято рішення взяти курс на так звану політику "відкладеного рішення". Реалізація її полягає у будівництві сухих сховищ відпрацьованого ядерного палива, в котрих ВЯП може зберігатись, у спеціальних контейнерах, протягом 100 років. Цей термін дозволяє отримати запас часу для остаточного вибору за альтернативою «Захоронити чи переробити?» з урахуванням новітніх і майбутніх можливостей науки і техніки.

Отже, як бачимо, результати аналізу вказують на те, що на сьогодні, не існує єдиної стратегії поводження з ВЯП, оскільки кожен з розглянутих методів має свої переваги та недоліки. Тож кожна країна приймає свою національну програму щодо поводження з ВЯП, виходячи з економічних чинників, запасів урану, технічних можливостей і, звичайно, політичних мотивів.

Перелік посилань:

1. Матеріали з сайту Національного інституту стратегічних досліджень.

УДК 621.039.4

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-22 Лімаз С.С.
Асист., к.т.н. Овдієнко Ю.М.

ВАЖЛИВІСТЬ РОЗРАХУНКУ ФЛЮЕНСА ШВИДКИХ НЕЙТРОНІВ НА КОРПУСИ ЯДЕРНИХ РЕАКТОРІВ

Розглядаючи питання енергозабезпечення України, неможливо недооцінити величезний внесок атомної генерації у єдину електроенергетичну систему (близько 55%). Але наш вітчизняний реакторний парк бере свій початок з далекого 1980-го року і його половина вже експлуатується понад проектний строк. Тому постає питання про введення нових потужностей, або ж продовження терміну експлуатації старих. Світовий досвід показує, що вигідно і простіше дотримуватися другого варіанту. Для цього необхідно зробити точний аналіз стану всіх систем АЕС та її основного обладнання. Головним конструктивним елементом енергоблоку з ядерною енергетичною установкою, визначаючим його ресурс, є корпус реактора (КР). Якщо інше обладнання може бути замінено або відремонтовано, то КР повинен безаварійно виконувати свої функції протягом всього проектного або запроектного строку служби. Дуже важливо адекватно оцінювати реальний ресурс КР у порівнянні з проектним та вміти керувати ним, тобто збільшувати його при необхідності за допомогою ряду спеціальних заходів [1].

Основні фактори, що впливають на КР в період експлуатації та визначають його ресурс, є: внутрішній тиск, механічні напруження в зоні патрубків від приєднаних трубопроводів, температурне навантаження та радіаційне опромінення. Всі ці фактори паралельно «зношують» корпусну сталь та якість зварних швів. Саме зварні з'єднання найбільш схильні до окрихчення із-за підвищеної концентрації у шві фосфору (для КР ВВЕР-440) або нікеля (КР ВВЕР-1000) [2]. При збільшенні флюенса зростає густина дефектів кристалічної ґратки (пастки) з високою енергією. Також достатньо велику вільну енергію мають границі зерен металу. Захоплюючи атоми, пастки та границі зерен зменшують долю рухливого фосфору, що в свою чергу змінює крихко-в'язкі властивості матеріалу на користь окрихчення. Це є найнебезпечнішим явищем для КР, оскільки може настати миттєво, наприклад, при аварійній зупинці реактора та заливу його холодною водою (термошок) [2]. Тому для безпечної експлуатації АЕС розрахунок флюенса швидких нейтронів на КР повинен виконуватися максимально точно. Для цього треба враховувати всі експлуатаційні та аварійні режими роботи, знати точний склад корпусної сталі з усіма домішками в основному металі та в металі зварного шва, де шкідливих домішок більше. Також необхідна точна геометрія всіх внутрішньокорпусних пристроїв реактора, що відрізняється для всіх реакторних установок (із-за наявності допусків на виготовлення).

Обґрунтування вибору підходу та методу розрахунку флюенса – актуальна задача. Результатом рішення задачі є саме точність розрахунку флюенса, особливо в критичних місцях (зварний шов на рівні активної зони, області максимального радіаційного навантаження). Висока точність такого розрахунку забезпечить обґрунтування більш тривалої експлуатації КР, а значить і всього енергоблоку.

Перелік посилань:

1. Горынин И. В. Радиационное повреждение стали корпусов водо-водяных реакторов. – М.: Энергоатомиздат, 1981.
2. Касаткин О. Г. Тепловое охрупчивание сварных соединений корпусов реакторов типа ВВЭР [Текст] / О. Г. Касаткин // Журн. Вопросы атомной науки и техники. – 2009. – №4-2. – С. 232–235.

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ ОБЛАДНАННЯ ЯДЕРНИХ ЕНЕРГОУСТАНОВОК

Безпечна експлуатація блоку першочергово залежить від надійності і роботоздатності обладнання систем безпеки. Відомо багато різних процедур які використовуються на АЕС для виявлення показника роботоспроможності. До таких процедур відносяться періодичні випробування та системи контролю стану елементів систем. Використання в рамках одного блоку всіх цих систем з урахуванням їх взаємодії – дуже тривалий та технічно складний процес, спростити який можливо введенням єдиної системи кваліфікації технологічного обладнання.

Кваліфікація обладнання (КО) – підтвердження і підтримка показників і технічних характеристик обладнання з метою забезпечення його працездатності в «жорстких» умовах навколишнього середовища [1]. Безпека експлуатації ядерних об'єктів є надзвичайно важливим для персоналу та населення. Особливо гостро це питання постає в умовах необхідності продовження надпроектного терміну експлуатації ядерних енергоустановок [2].

Проблемою є відсутність в системі атомної енергетики України радіаційної техніки, яка б надавала можливості здійснювати такі випробування. Тому необхідною умовою виконання визначених в нормативній документації заходів є створення відповідної технічної бази – нового покоління радіаційних установок, які забезпечуватимуть реалізацію нових методів радіаційних випробувань (кваліфікації обладнання АЕС) [3].

На даний момент в Україні налічується 6 електрофізичних установок, які можуть стати основою створення техніки для кваліфікації обладнання АЕС. Для успішного вирішення даного завдання потрібно здійснити комплексні теоретичні і експериментальні дослідження, які дозволять визначити напрямки і обсяги модернізації існуючої радіаційної техніки для проведення радіаційних (кваліфікаційних) випробувань і визначення кваліфікаційного терміну експлуатації обладнання.

Забезпечення безпеки АЕС має бути пріоритетним напрямком діяльності при проектуванні, будівництві та експлуатації енергоблоків. Процес оцінки рівня кваліфікації обладнання, рекомендований МАГАТЕ [4], є одним з найбільш достовірних методів підтвердження працездатності обладнання. Основною метою кваліфікації є встановлення (визначення) кваліфікаційного терміну обладнання – періоду часу, протягом якого обладнання буде гарантовано виконувати покладені на нього функції з урахуванням впливу ефектів старіння.

Перелік посилань:

1. DITI 305/172-RU/R.2 «Отчет по адаптации результатов квалификации оборудования на других АЭС»
2. Енергетична стратегія України на період до 2035 року – Київ, 2015.
3. Сахно О. В. Дослідження і розробка методів та технічних засобів радіаційних випробувань обладнання АЕС на електрофізичних установках : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / Сахно Олександр Володимирович – Київ, 2008. – 25 с.
4. Safety Reports Series No. 3. // Equipment Qualification in Operational Nuclear Power Plants : Upgrading, Preserving and Reviewing. / – Vienna: International Atomic Energy Agency, 1998. – (ISBN 92–0–101098–2; 3)

ПАСИВНА СИСТЕМА ТЕПЛОВІДВЕДЕННЯ В РЕАКТОРНІЙ УСТАНОВЦІ ТИПУ ВВРМ НА ОСНОВІ ТЕРМОСИФОНІВ

Дослідницький ядерний реактор типу ВВРМ з дня його пуску (1960 р.) працює безаварійно завдяки висококваліфікованому персоналу, належному забезпеченню технічними засобами та організаційними заходами, спрямованими на не перевищення доз опромінення персоналу реактора та населення, а також виконання нормативів викидів радіоактивних речовин в атмосферу, але в майбутньому можуть виникнути різні типи відмов [1].

Однією з проблем забезпечення безпечної, безаварійної експлуатації реакторної установки в інституті ядерних досліджень є застаріле обладнання, яке потребує постійного підвищеного контролю і нагляду зі сторони персоналу. З іншого боку, сучасне розуміння безпеки ядерних об'єктів стає все більш вимогливим. Дослідницький реактор знаходиться майже в центрі Києва і необхідно забезпечити більш надійну ізоляцію радіоактивного теплоносія від навколишнього середовища. На даний момент реакторна установка працює вже 57-ий рік, тому необхідно покращити захист від протічок радіоактивних речовин за межі реакторної установки.

Пропонується технічний захід по забезпеченню захисту при можливій аварійній ситуації “Потрапляння радіоактивного теплоносія першого контуру в другий при відмові теплообмінника, в якому відбувається передача теплоти рекуперативним способом через трубки”, яка з великою ймовірністю приведе до викидів у атмосферу. Теплоносій другого контуру після теплообмінника рухається в градирню, яка складається з 10 000 трубок, перевірити стан кожної складової немає можливості і, таким чином, забезпечити їх герметичність дуже складно та потребує великого фінансування. Звісно, є можливість провести аналіз для певної кількості трубок і припустити, що усі інші знаходяться в такому же стані, необхідному для експлуатації, але не будемо виключати можливість, що одна із них може протікати і радіоактивні речовини зможуть потрапити в навколишнє середовище, що веде за собою небезпечні наслідки для персоналу, і при витоку великої кількості, для населення міста Києва.

Забезпечити герметичність другого контуру при виникненні протічки теплоносія з першого в другий, можливо за рахунок використання додаткового фізичного бар'єру безпеки у вигляді термосифонів замість градирні. Важливою рисою запропонованого заходу є використання пасивної системи, що покращує показники як безпеки та надійності, так і економічності.

Виконано аналіз можливості застосування термосифонів для вказаних цілей з точки зору технології реактору та їх розміщення, а також запропоновані тип та конструкція термосифонів.

Перелік посилань:

1. Інститут ядерних досліджень [Електроний ресурс] / <http://www.kinr.kiev.ua/>

ТЕХНІЧНІ ЗАХОДИ З ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГОБЛОКУ АЕС

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 9 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].

Все зводиться до різних шляхів управління ресурсними характеристиками елементів, що включає технічне обслуговування, ремонт, модернізацію, зміну умов експлуатації та перепризначення, а також заміну еквівалентну на цьому рівні виведення з експлуатації, конкретного елемента, термін служби якого вичерпано.

Одним з основних напрямків діяльності з управління ресурсними характеристиками елементів і обладнання енергоблоку АЕС є управління старінням, яке представляє собою комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на своєчасне виявлення і підтримку у прийнятних межах деградації, викликаного старінням. Воно включає в себе діяльність по оцінці та діагностуванні технічного стану, вивченні процесів деградації та виробленні заходів, що коректуються, виробленні пропозицій по продовженню терміну служби або заміни окремих елементів і устаткування.

Важливим напрямком діяльності з управління старінням систем і устаткування енергоблоків АЕС є оптимізація обсягу та термінів технічного і ремонтного обслуговування і випробувань, а також модернізація систем контролю і управління, розробка і впровадження систем моніторингу технічного стану.

Технічні заходи з продовження термінів експлуатації енергоблоку АЕС, які ґрунтуються на діяльності з управління старінням його елементів будуть об'єктом вивчення в рамках розробки дипломної роботи.

Перелік посилань:

1. Некоторые концептуальные вопросы управления сроком службы энергоблоков АЭС / В.А. Савченко – Москва: Теплоэнергетика № 5, 2000. – 8с.

СИСТЕМА ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ РАДІОАКТИВНИХ ІЗОТОПІВ (RECS) НА АЕС

В усіх найсучасніших АЕС робочим тілом служить водяна пара. Після того, як вона відпрацювала на турбіні та в кінцевому результаті сконденсувалася у воду, її необхідно охолоджувати. Крім того, воду для АЕС необхідно зберігати під строгим контролем, для запобігання пошкодження обладнання. Тому ця «водяна» частина енергетичного циклу виявляється суттєво дорогою. Тому постає питання прямої трансформації ядерної енергії в електричний струм.

Існуюча технологія передбачає використання додаткового переносника енергії між реактором і турбіною з генератором, що знижує економічну ефективність всього процесу. Для заміни цієї ланки можна використати RECS (Radioisotope Energy Conversion System). Вона дозволяє вирішити проблему у декілька етапів. На першому енергія від поділу атомів передається на люмінофор. Ця флуоресцентна речовина під її впливом породжує фотони світла. На другому етапі фотони потрапляють на фотоелементи, які і перетворюють світло в електричний струм.

В якості люмінофору можна використовувати такий інертний газ як криптон (Kr). Хорошим матеріалом для фотоелементів послужить алмаз або нітрид алюмінію, так як вони з високим коефіцієнтом поглинають ультрафіолетові фотони.

Дану технологію можна поєднати з уже існуючою, тим самим збільшивши ККД до 70% за рахунок поглинання більшого спектру енергій. Крім того плюсом RECS є можливість її широкого застосування як на АЕС, так і в персональних малогабаритних енергоблоках-батареях з потужністю в кількасот кВт. Такі мініатюрні енергоблоки уже активно розвиваються і використовуються в космічній галузі, як заміна сонячним батареям на відстанях, коли сонячного проміння уже не достатньо для забезпечення функціонування апарата.

Перелік посилань:

1. E.V. Steinfelds, T.K. Ghosh, M.A. Prelas, R.V. Tompson, S.K. Loyalka; Development of Radioisotope Energy Conversion Systems – Efficient Radioisotopic Power; Córdoba, Spain; 2003.
2. M.A. Prelas, F.P. Boody, D.J. Charlson, G.H. Miley; Progress in Nuclear Energy; Vol.23 №3; Pergamon Press, plc.; 1991.
3. <http://www.popmech.ru/technologies/9093-yadernyy-recs-aes-bez-slabogo-zvena/>

ВИСОКОЧАСТОТНА КОЛИВАЛЬНА НЕСТІЙКІСТЬ ПРОЦЕСУ КИПІННЯ В РЕАКТОРНИХ КАНАЛАХ

Дослідження процесу кипіння в реакторних каналах (РК) в умовах вимушеного руху теплоносія показали, що процес генерації парової фази на теплообмінній поверхні за певних умов супроводжується інтенсивними полігармонічними коливаннями тиску двохфазного потоку, частота яких знаходиться у звуковому діапазоні. Це небажане і суттєво небезпечне явище прийнято називати термоакустичною коливальною нестійкістю (ТАН) [1]. Амплітуди термоакустичних коливань (ТАК), які можуть являтися безпосередньою причиною руйнування теплообмінних поверхонь, досягають 100% і більше від величини статистичного тиску теплоносія в киплячому каналі. ТАН РК стала розглядатися спеціалістами [2] в якості одного з головних факторів, обмежуючих форсування потужності і створення нових типів теплообмінних пристроїв.

З урахуванням деяких результатів експериментальних досліджень цього виду коливальної нестійкості двохфазних діабатних нерівноважних парорідинних потоків [3]

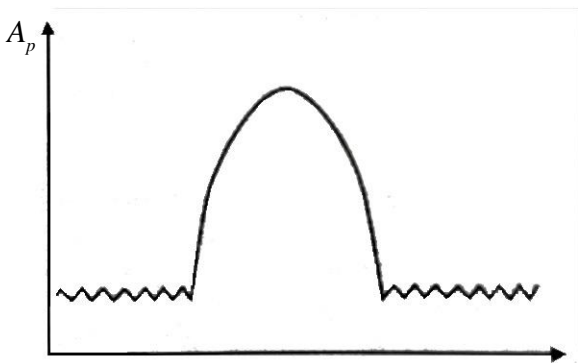


Рисунок 1 – Фізичні особливості прояву високочастотної коливальної нестійкості РК

зовнішнє виявлення процесу виникнення і розвитку ТАН коротко може бути пояснено наступним чином. По-перше, при виникненні недогрітого бульбашкового кипіння теплоносія в РК при деякому значенні густини теплового потоку $q_{им}$, що відповідає нижній межі ТАН, в ряді випадків виникають потужні високочастотні полігармонічні ТАК тиску, амплітуда яких з ростом теплового навантаження теплообмінної поверхні тепловиділяючих елементів (ТВЕЛ) зростає (рис.1). По-друге, при досягненні деякого граничного значення густини теплового потоку на теплообмінній поверхні РК амплітуди ТАК раптом різко зменшуються. Подальше збільшення густини теплового

потоку призводить до повного зникнення цих коливань при густині теплового потоку $q_{вм}$, яка відповідає верхній межі ТАН.

Для пояснення фізичної природи ТАК було застосовано принципово різні підходи. Один з них базується на механізмі ударних хвиль, що виникають в умовах деградації парових бульбашок при кипінні теплоносія в РК з недогрівом. Згідно іншого модельного підходу двохфазний потік умовно представлений у вигляді двох коливальних підсистем, а саме парових бульбашок, які ростуть та деградують у пристінному шарі, а також об'ємного резонатора. При цьому має місце значний дефіцит надійних експериментальних даних щодо умов виникнення та розвитку ТАК у парорідинних потоках, а відомості відносно областей локалізації ТАН досить суперечливі.

Перелік посилань:

1. Ключников А.А. Теплофизика безопасности атомных электростанций/ Шараевский И.Г. и др.; Ин-т проблем безопасности АЭС. – Чернобыль, 2010 – 484 с.
2. Леонтьев А.И. Новые направления исследований теплообмена при создании современных энергетических установок / Федоров В.А. и др. – М.:МЭИ, 1998. – 147 с.
3. Орнатский А.П., Термоакустические процессы при кипении воды в

кольцевом канале в условиях вынужденного движения. – К.: Наук. Думка, 1977. – с.26-33.

Магістр 6 курсу, гр. ТЯ-41м Муха В.В.
Проф., д.т.н. Носовський А.В.

**НЕЙТРОННО-ФІЗИЧНІ АСПЕКТИ ОБГРУНТУВАННЯ БЕЗПЕКИ
ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗМІШАНИХ ПАЛИВНИХ ЗАВАНТАЖЕНЬ АКТИВНОЇ ЗОНИ
ВВЕР-1000**

Розробка та ліцензування паливних завантажень є важливим аспектом забезпечення безпечної експлуатації ядерного реактора. Визначення нейтронно-фізичних характеристик є важливим етапом обґрунтування безпеки паливних завантажень. При проектуванні змішаних активних зон необхідно враховувати відмінність нейтронно-фізичних показників різних типів палива. Забезпечення всіх вимог безпеки на протязі всіх паливних кампаній та змінах видів палива вимагає проведення ретельних розрахунків показників експлуатації ядерного реактору із змішаним паливним завантаженням.

В доповіді проаналізовано основні нейтронно-фізичні аспекти, які впливають на кінетику ядерного реактору: коефіцієнт сповільнення, гетерогенність, збагачення палива, вигоряючий поглинач, активна довжина стрижня, матеріал, що ділиться, представлено огляд досвіду обґрунтування безпечної експлуатації змішаних паливних завантажень в енергетичних ядерних реакторах провідних країн світу. Особливу увагу було приділено нейтронно-фізичним характеристикам ТВЗ, які експлуатуються у змішаних паливних завантаженнях активній зоні ЮАЕС-3. Було розроблено моделі для нейтронно-фізичних констант та моделі для активної зони ВВЕР-1000 із змішаним паливним завантаженням. Для використання бібліотеки у програмі DYN3D було удосконалено метод параметризації нейтронно-фізичних констант, що дозволило збільшити точність розрахунку характеристик активної зони при моделюванні процесів, як у стаціонарному режимі експлуатації, так і у перехідних чи аварійних. В результаті виконаної роботи, було проведено аналіз критеріїв безпеки експлуатації реакторної установки в номінальному режимі в умовах змішаного паливного завантаження.

Перелік посилань:

1. Baydulín V., Druenne H., Gann V., Killeen J., Miasnikov A., Operation and licencing of mixed cores in water cooled reactors - 2013. IAEA TECDOC series. TECDOC # 1720. IAEA, Vienna – 2013.
2. Ovdiienko I., Ieremenko M. Technical review of new fuel application and mixed cores operation at Ukrainian NPPs. Proceedings of the Technical Meeting "Fuel Design and Licensing of Mixed Cores for Water Cooled Reactors", Vienna, Austria, 12 – 14 December 2011

ПОДОВЖЕННЯ СТРОКУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ ТА ТРУБОПРОВОДІВ ЯДЕРНОЇ УСТАНОВКИ ЕНЕРГОБЛОКУ №1 ВП ЗАЕС МЕТОДОМ РОЗРАХУНКУ НА СТАТИЧНУ ТА ЦИКЛІЧНУ МІЦНІСТЬ

На сьогоднішній день з п'ятнадцяти діючих енергоблоків в Україні термін експлуатації декількох вже продовжено. А саме: енергоблоки №1 та №2 Рівненської АЕС. Строк служби цих енергоблоків продовжили на 20 додаткових років. Також проводяться роботи, щодо аналізу можливості продовження строку експлуатації обладнання енергоблоку №1 Запорізької АЕС методом розрахунку на статичну і циклічну міцність.

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

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

Перепризначення допустимої кількості експлуатаційних циклів навантаження передбачає виконання наступних етапів:

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

Перелік посилань:

1. Филатов В.М. Предельные состояния по образованию макротрещин при циклическом нагружении//ВАНТ.- Сер. «Физика и техника ядерных реакторов».- 1978.-Вып. 1 (21).- С. 114-123.
2. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. ПНАЭ Г-7-002-86.- М.: Энергоатомиздат, 1989.
3. http://sstc.kiev.ua/documents/doc/report/report_09.pdf

ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ КВАЛІФІКАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ АЕС УКРАЇНИ З ВИКОРИСТАННЯМ РАДІАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Однією з програм забезпечення необхідного рівня безпеки ядерних енергоустановок при продовженні терміну експлуатації діючих енергоблоків є кваліфікація обладнання. Згідно існуючих нормативних документів [1], в результаті оцінки поточного рівня кваліфікації для обладнання АЕС встановлюється кваліфікаційний термін - гарантія безпеки АЕС на протязі цього періоду часу.

В доповіді викладено результати аналізу поточного стану кваліфікації обладнання АЕС України та визначено перспективи розвитку новітніх радіаційних технологій для випробування критичних вузлів і елементів систем, важливих для безпеки АЕС.

Показано, що на даний момент в основному вирішено питання введення в користування новітніх технологій експлуатації АЕС в частині впровадження заходів по кваліфікації найбільш важливого обладнання ядерних енергетичних установок.

Аналізуються схеми впроваджених технологій кваліфікаційних випробувань та особливості їх здійснення на сучасному етапі експлуатації АЕС [2]. При проведенні кваліфікаційних випробувань обладнання АЕС необхідно забезпечувати відповідність умов випробувань реальним умовам експлуатації обладнання в місці його розташування. З аналізу проектних аварій визначено склад ізотопів, які виходять під ГО в разі максимальної проектної аварії. Таким чином ясно, що для проведення кваліфікаційних випробувань необхідно створити змішане (у відповідних співвідношеннях) β -, γ -поле. Запропоновано методику формування такого поля в реакційній камері радіаційної установки ІЯД з лінійним прискорювачем електронів. Дослідження показали, що використання конверсійних мішеней з різними коефіцієнтами затінення дозволяє оперативно змінювати співвідношення β -, γ -складових поля. Однак постають проблеми технологічної дозиметрії процесів при формуванні таких радіаційних умов випробування. Для вирішення проблем дозиметрії було удосконалено штатну систему сканування і технологічної дозиметрії [3].

Також у доповіді обґрунтовуються шляхи подальшого удосконалення технології контролю за станом обладнання АЕС та перспективні шляхи реалізації сучасних шляхів покращення структурної безпеки ядерних енергетичних об'єктів шляхом впровадження сучасної ідеології управління цими екологічно відповідальними джерелами енергії на основі введення постійного контролю ресурсними показниками його складових.

Перелік посилань:

1. ПМ-Д.0.03.476-09 «Программа работ по квалификации оборудования энергоблоков АЭС ГП НАЭК «Энергоатом».
2. Сахно О. В. Дослідження і розробка методів і технічних засобів радіаційних випробувань обладнання АЕС на електрофізичних установках. / Автореферат канд. дисертації. – Київ. – 2008. – с.15.
3. І.М. Вишневський, А.Г. Зелінський, В.І. Сахно, О.В. Сахно, С.П. Томчай. Система вимірювання розподілу полів випромінювання на радіаційній установці ІЯД // Збірник наукових праць Інституту ядерних досліджень. – 2004. - №2(13). – с. 159 – 162.

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-21 Петров Д.О.
ст.викл. Сахно О.В.

МЕТОДИ ОЦІНКИ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ ОБЛАДНАННЯ ВАЖЛИВОГО ДЛЯ БЕЗПЕКИ АЕС З РЕАКТОРАМИ ВВЕР

Сейсмічних впливів піддавалися АЕС у Вірменії, Болгарії, США та Японії. При цьому АЕС розташовані в Японії, які зазнали найбільш сильний вплив, зазнали значних пошкоджень, що призвели до серйозних аварій і радіоактивних викидів. Отже, проблема гарантованого забезпечення сейсмостійкості важливого для безпеки АЕС обладнання є вкрай актуальною. Особливий інтерес представляє оцінка сейсмостійкості діючих АЕС, оскільки багато хто з них були спроектовані або без урахування можливих сейсмічних впливів, або за застарілими нормативними вимогами по сейсмостійкості[1]. У даній роботі розглядаються методи оцінки сейсмостійкості обладнання енергоблоків з реакторами ВВЕР.

В ході проведеної роботи були вивчені і проаналізовані такі методи оцінки сейсмостійкості: випробування, аналіз, на основі досвіду експлуатації і непрямий метод.

Приділено особливу увагу методу непрямой оцінки, який заснований на встановленні подібності між вузлом, що перевіряється і еталонним вузлом[2]. Після аналізу всіх методів, які були розглянуті в даній роботі, можна зробити висновок, що немає одного ідеального методу, яким можна було б користуватися при оцінці сейсмостійкості обладнання АЕС. Є обладнання, яке ми не можемо оцінювати будь-яким з перерахованих методів, так як можливість використовувати один з методів відсутня. У даній роботі наведені приклади таких випадків. Наприклад, електричне обладнання, обладнання ІКС, до складу якого входять реле, розподільні пристрої, контактори, вимикачі, перетворювачі, датчики і подібні пристрої, чутливі до вібрації, ми можемо оцінити тільки методом випробувань. А такі складні конструкції як трубопроводи систем, важливих для безпеки, ми не можемо оцінити за допомогою випробувань, тут нам доведеться вже вибирати серед інших методів оцінки на сейсмостійкість [3]. В роботі дані рекомендації з типу обладнання, його розташування, а також з урахуванням економічної обґрунтованості методу.

Перелік посилань:

1. Анализ современных российских и зарубежных подходов к оценке сейсмостойкости оборудования АЭС в условиях эксплуатации.
2. Проектирование и аттестация сейсмостойких конструкций для атомных электростанций.
3. Система стандартизации НАЭК «Энергоатом». СТП 0.03.082-2009.

ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНИЙ АНАЛІЗ БЕЗПЕКИ ВИКОРИСТАННЯ ЗМІШАНИХ ПАЛИВНИХ ЗАВАНТАЖЕНЬ

Введення нового типу палива в завантаження активної зони потребує підтвердження неперевищення критеріїв безпеки, основним з яких є максимальна температура оболонки твела, яка не повинна бути більшою за 1200 °С в аварійних режимах.

Мета цієї роботи — за допомогою теплогідравлічного аналізу показати неперевищення максимальної проектної межі пошкодження твелів, а саме температури оболонки твела в разі спільного завантаження ТВЗА з ТВЗА-12 і ТВЗ-WR. Моделювання перехідних процесів у реакторних установках ВВЕР-1000 проводилось із застосуванням програмного коду RELAP5/MOD3.2.

Для детального кількісного розрахунку вибираються аварії, найбільш несприятливі відносно критеріїв надійного охолодження ТВЗ. Наслідками таких аварій може бути порушення цілісності оболонок твелів — фізичного бар'єра між радіоактивними речовинами і теплоносієм першого контуру, в разі руйнування якого радіоактивні речовини потрапляють до теплоносія й розносяться по першому контуру.

У проведених розрахунках перехідних аварійних процесів — заклинювання ГЦН і двостороннього розриву ГЦТ — перевірялося недосягнення оболонкою твела температури 1200 °С, що є максимальною проектною межею пошкодження.

Результати розрахунку свідчать про те, що в разі миттєвого зменшення швидкості обертання ГЦН зменшується витрата теплоносія через реактор, а це призводить до кризи теплообміну біля поверхні гарячого твела. За лінійної потужності 448 Вт/см і відсутності зв'язку з іншими ТВЗ максимальна температура оболонки твела для каналу ТВЗ-WR дорівнює 759 °С, для каналу ТВЗА — 618 °С

Розрахунок максимальної проектної аварії проводився для різних конфігурацій завантаження активної зони реактора ВВЕР-1000. Розроблялися дві типові моделі активних зон: у першому випадку умовно завантажуються 121 ТВЗА і 42ТВЗА-12 або ТВЗ-WR, у другому випадку активна зона повністю завантажуються новими ТВЗ. Аналіз проводився шляхом порівняння результатів розрахунків проведених на моделі з АкЗ з ТВЗА і на моделі перехідних паливних завантажень.

Найбільші значення температур отримані для 1/4 завантаження активної зони новим типом палива (121 ТВЗА+42 ТВЗ-WR, або ТВЗА-12), а саме: 1099 °С — для каналу ТВЗ-WR і 1058 °С — для каналу ТВЗА-12.

Такі значення температур отримано за консервативних припущень у розрахунках, але навіть при цьому перевищення максимальної проектної межі пошкодження твелів нема.

Отримані температури оболонок твелів є близькими, а отже, два типи ТВЗ (ТВЗА-12 і ТВЗ-WR), з теплогідравлічної точки зору, придатні для використання на АЕС України з реакторними установками типу ВВЕР-1000.

Перелік посилань:

1. Шевченко И. А. Проверка критериев безопасности смешанных загрузок ТВСА, ТВС-W и ТВС-WR при помощи расчетного кода RELAP5/MOD3.2 для реакторов типа ВВЭР-1000 / И. А. Шевченко, Ю. Ю. Воробьев // Ядерна та радіаційна безпека. — 2015. — № 2 (66). — С. 3—7.

МІЦНІСНИЙ АНАЛІЗ БЕЗПЕКИ ВИКОРИСТАННЯ ЗМІШАНИХ ПАЛИВНИХ ЗАВАНТАЖЕНЬ

Процес диверсифікації постачання палива для АЕС України потребує підтвердження безпеки використання змішаних паливних завантажень. Зважаючи на проблеми зі збіркою активної зони енергоблоків ЮУ АЕС №2 та №3 під час ППР-2012 та початок дослідної експлуатації нового типу палива ТВЗ-WR, виникла необхідність перевірки та підтвердження міцнісних критеріїв безпечної експлуатації.

Мета цієї роботи — за допомогою міцнісного аналізу довести, що після збірки активної зони та під час її роботи непротетних деформацій ТВЗ-W та ТВЗ-WR не створиться.

Розрахунок включає в себе аналіз міцності елементів ТВЗ-W та ТВЗ-WR при горизонтальному сейсмічному впливі на реактор ВВЕР-1000/320 енергоблока №3 ЮУ АЕС. При будь-якому складі змішаної активної зони сумарний міжкasetний проміжок пучка ТВЗ буде вищим ніж для гомогенної а.з., що складається тільки з ТВЗ-А. Максимальна сила реакції на середню по висоті ДР периферійної ТВЗ не перевищує максимальне значення, для якого показано збереження поперечних розмірів ДР в проекті.

Також проводиться аналіз міцності елементів ТВЗ-W та ТВЗ-WR при розриві ГЦК реактора в консервативній постановці для а.з., складеної повністю з ТВЗ-W та ТВЗ-WR. При таких умовах запас по місцевій стійкості та по навантаженням при вертикальних динамічних навантаженнях виконується.

Проводяться розрахунки деформаційних, міцнісних та вібраційних характеристик для стаціонарних, перехідних режимів експлуатації та порушень нормальної експлуатації.

Також проводиться розрахунок бічних зусиль на ДР ТВЗ-WR з боку викривленої ТВЗА одразу після збірки а.з., та після виходу на потужність.

З використанням отриманих значень розраховані мінімальні коефіцієнти запасу міцності від поперечних навантажень на ДР ТВЗ-W з боку викривленої ТВЗА:

- після збірки активної зони реактора, в холодному стані – 2,01;
- після виходу реактора на потужність, в гарячому стані - 1,60.

Результати отримано за консервативних припущень у розрахунках, але навіть при цьому перевищення максимальної проектної межі пошкодження твелів немає.

Можна зробити висновок, що ТВЗ-W та ТВЗ-WR можуть безпечно використовуватися в реакторах типу ВВЕР-1000/320 разом з ТВЗА.

ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ВАРТОСТІ ДЕМОНТАЖУ ПРИ ЗНЯТТІ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЯДЕРНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Зняття з експлуатації енергоблоків АЕС вимагає ретельної організаційної, наукової і технологічної опрацювання та підготовки до виконання робіт, а також мобілізації фінансових і технічних ресурсів. Одним із важливих факторів є визначення затрат на проведення робіт, тому розумно розглянути певні методології оцінки вартості затрат.

Вітчизняні джерела [1] вважають, що на величину затрат впливає ряд факторів і операцій, які мають місце в процесі зняття з експлуатації. Причому їх вплив надзвичайно великий, якщо врахувати весь комплекс технічних особливостей і відсутність реального досвіду зняття з експлуатації АЕС.

Процес зняття з експлуатації розділяють на три умовні етапи: підготовчий, етап припинення експлуатації та власне зняття з експлуатації. Щодо методології проведення оцінки, то існуючі сценарії (стратегії) поділяють на: негайний і відкладений демонтаж. Витрати на кожному етапі розділяються на дві великі групи: прямі затрати та затрати періоду, найважчий в обрахунках – це прямі затрати і для їх визначення використовують технологічний аналіз. Інструментом цього метода являється принцип вартості одиначної операції. В основі метода – дослідження ряду операцій, які використовуються при знятті з експлуатації, для визначення базисної вартості одиначної операції.

В свою чергу МАГАТЕ [2] пропонує п'ять підходів до оцінки вартості:

- 1) методика «низу-вгору»;
- 2) аналітичний метод;
- 3) параметричний
- 4) огляд вартості і її правка;
- 5) експертна оцінка.

Для визначення вартості демонтажних робіт найбільш підходить перший варіант.

При цьому методи постановка робіт і їх уточнення або набір креслень використовуються, щоб визначити кількість матеріалів, які необхідно демонтувати і вилучити, а також ціновий фактор цих матеріалів щоб визначити вартість заміни.

Процес включає в себе розбиття проекту на робочі елементарні складові або завдання, щоб в цілому виконати знесення споруд, враховуючи обсяг роботи, матеріалів і витратних матеріалів, що б виконати кожне завдання, тривалість цих завдань і реалізацію повних підрахунків. Визначення кінцевої тривалості в розрахунковому наближенні методу знизу-вгору вимагає чіткої послідовності і продуманого менеджменту ресурсів, що б бути частиною запланованого процесу.

Як предмет для поглибленого розгляду в рамках подальшої роботи значний інтерес представляє вивчення (розробка) методики визначення вартості демонтажних робіт радіоактивно забруднених елементів енергоблоку АЕС при його знятті з експлуатації.

Перелік посилань:

1. Снятие с эксплуатации ядерных энергетических установок / А. В. Носовский, В. Н. Васильченко, А. А. Ключников, Я. В. Яценко; Под ред. А. В. Носовского. - К.: Техніка, 2005. - 288 с. - (Безопасность атомных станций).
2. The Practice of Cost Estimation for Decommissioning of Nuclear Facilities. OECD 2015, NAE No. 7237/.

ОСНОВИ ОЦІНКИ СЕЙСМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ І СЕЙСМІЧНОЇ ПОШКОДЖУВАНОСТІ ОБЛАДНАННЯ АЕС

Найважливішим аспектом при проектуванні і експлуатації ядерної енергетичної установки є безпека і її безпечне для людей і навколишнього середовища функціонування. Вважається, що для добре спроектованої атомної електростанції, властива здатність витримувати землетрус, більшої інтенсивності, ніж закладено в первинному проекті. Фактори консерватизму вносяться в процесі сейсмічного аналізу та на етапах проектування будь-яких КСЕ АЕС [1]. Для цього вводяться кількісно-ймовірнісні характеристики і нормовані критерії безпеки АЕС, які регламентують частоту виникнення важких аварій з пошкодженням активної зони реактора і частоту перевищення граничного викиду радіоактивних речовин в навколишнє середовище. Наприклад, значення сумарної ймовірності важких запроектованих аварій оцінене на основі ВАБ не повинно перевищувати 10^{-5} на реактор в рік, а ймовірність граничного аварійного викиду 10^{-7} на реактор в рік. Для цього проводиться процедура аналізу сейсмічної стійкості і безпеки АЕС [2].

Все різноманіття досліджень на дану тему виконується на підставі двох різних підходів: методологія оцінки сейсмічного межі (SMA) і ймовірнісний аналіз безпеки по відношенню до сейсмічного впливу (SPSA). Для цілей аналізу сейсмічної безпеки АЕС України запропоновано застосовувати методологію, яка є комбінацією SMA і SPSA, для більш точного і повного опису ризиків і сейсмічної стійкості обладнання АЕС. Для виконання роботи формується перелік КСЕ АЕС. Для кожного з них проводять оцінку граничної сейсмостійкості, по яким і визначають оцінку вірогідності сейсмічної пошкоджуваності. Сейсмічна пошкоджуваність є одним з найважливіших параметрів і під нею розуміється умовна ймовірність відмови елемента, що розглядається, при досягненні параметром руху ґрунту або параметром сейсмічної реакції поверхні ґрунту певного значення, що перевищує встановлені проектом межі. Метою оцінки пошкоджуваності є оцінка стійкості (потенціалу) даного компонента щодо параметрів прискорення землі, таких як пікове прискорення ґрунту (PGA) або спектральне прискорення (SA). Сейсмічна пошкоджуваність окремої КСЕ може бути описана кривою, яка показує умовну ймовірність відмови для заданого рівня сейсмічного впливу. Для визначення параметрів сейсмічної пошкоджуваності КСЕ АЕС використовуються три методи: метод перерахунку, метод моделювання і комбінований метод. Останній є більш універсальним і показовим [3].

Можна зробити висновок, що отримання та розгляд групи кривих умовної ймовірності відмови сейсмічної пошкоджуваності дозволяє нам мати розрахункові та ймовірнісні дані про межі стійкості і безвідмовної працездатності розглянутих КСЕ. Це в свою чергу і допомагає оцінити безпеку АЕС і активної зони зокрема в разі сейсмічної активності, починаючи від незначних поштовхів, закінчуючи МРЗ і запроектованими землетрусами.

Перелік посилань:

1. Оценка сейсмической безопасности существующих ядерных установок.
2. Нелинейные динамические методы расчета зданий и сооружений с заданной обеспеченностью сейсмостойкости.
3. Методология определения параметров сейсмической повреждаемости оборудования энергоблока № 3 ВП ЮУАЕС.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ГРАНИЧНОЇ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ ПРИ ОЦІНЦІ СЕЙСМІЧНОГО ВПЛИВУ НА ОБЛАДНАННЯ АЕС

Забезпечення надійної експлуатації атомних станцій, їх безпеки для обслуговуючого персоналу і навколишнього середовища є надзвичайно важливим завданням. Характерною особливістю цієї проблеми є необхідність забезпечення не тільки міцності конструкцій, а й гарантування надійного функціонування всіх систем, які керують і здійснюють контроль ядерного процесу. Жорсткі вимоги щодо безпеки атомних станцій повинні виконуватися в будь-яких умовах, у тому числі і в умовах сейсмічного впливу, що визначається надійністю роботи систем елементів.

Особливий інтерес представляють методи оцінки кваліфікації, обладнання на «жорсткі» умови (параметри оточуючого середовища, які різко змінюються у результаті вихідних подій) і сейсмостійкість діючих АЕС, оскільки багато з них були спроектовані або без урахування можливих сейсмічних впливів, або за застарілими нормативними вимогами до сейсмостійкості.

Відповідно до вимог розділів 5 і 8 СТП 0.03.082-2009 «Кваліфікація обладнання, важливого для безпеки, на сейсмічні впливи. Загальні вимоги» сейсмічна оцінка елементів АЕС виконується на основі вимог вітчизняних нормативних документів, з урахуванням сучасних міжнародних підходів, а також рекомендацій документів МАГАТЕ. Одним з таких підходів є метод граничної сейсмостійкості, що використовується у світовій практиці для сейсмічної переоцінки блоків АЕС, у тому числі з реакторами ВВЕР.

Розрахунковий аналіз сейсмостійкості елементів діючих АЕС в рамках МГС проводиться з метою визначення інтегрального параметра сейсмостійкості HCLPF, що характеризує рівень сейсмічної стійкості цього елемента. Параметр HCLPF, який виражається в одиницях прискорення вільного падіння g , порівнюється з величиною максимального прискорення на ґрунті (ZPGARLE), яка визначається для майданчика АЕС і характеризує інтенсивність землетрусу.

Методи, які застосовуються в рамках МГС для визначення сейсмічної реакції конструкцій, систем і устаткування вибираються залежно від динамічних характеристик об'єкта і особливостей його системи опор. У розрахункових моделях, в основному, використовують два методи для визначення динамічної реакції при землетрусі.

Побудова моделі за методологією граничної сейсмостійкості, має ряд суттєвих переваг у порівнянні з звичайними методами:

- виконується повноцінний спільний аналіз сейсмостійкості технологічної системи в цілому, з урахуванням взаємного впливу її елементів один на одного;
- враховується вплив приєднаних трубопроводів на характеристики власних коливань обладнання. Для масивного обладнання ступінь цього впливу може бути і несуттєвою, а для порівняно невеликого обладнання (вагою до однієї тони) зміна жорсткості може бути досить значною. Отже, фактична завантаженість обладнання при сейсмічних впливах може бути збільшена в порівнянні з розрахунком, проведеним на стадії проектування обладнання.

Перелік посилань:

1. СТП 0.03.082-2009 Кваліфікація обладнання, важного для безпеки, на сейсміческие воздействия. Общие требования.
2. МТ-Т.0.03.326.13. Методика расчетного анализа сейсмостойкости элементов действующих АЭС в рамках метода граничной сейсмостойкости.

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ТВЕРДИХ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ, НАКОПИЧЕНИХ В ЗОНІ ВІДЧУЖЕННЯ ЧАЕС

Накопичення радіоактивних відходів, що утворюються внаслідок використання ядерних технологій, потребує розробки ефективних рішень, щодо методів переробки РАВ, які дозволять привести їх в стабільний стан придатний для довготривалого зберігання.

Актуальність даної статті полягає в тому, що на сьогоднішній день все більша кількість атомних електростанцій будується і функціонує на території України. Отже, з'являється все більша кількість ядерних відходів, які необхідно утилізувати.

Можна без перебільшення сказати, що подальший розвиток атомної енергетики буде в кінцевому підсумку визначатися можливістю вирішення проблеми надійного переробки та захоронення радіоактивних відходів з гарантією запобігання їх контакту з біосферою [1].

За станом на кінець 2011 р. у рейтингу країн за індексом екологічного стану Україна посідає 102 місце зі 132. Помітне відставання України від розвинених європейських країн за екологічними показниками демонструє важливість вирішення екологічних питань, які стоять перед паливно-енергетичним комплексом [2].

Метою доповіді є підкреслити важливість комплексного довгострокового підходу до поводження з радіоактивними відходами.

З нормативно-правової точки зору радіоактивні відходи можуть бути визначені як матеріали, що містять, або забруднені радіонуклідами при концентрації або активності вище рівня, встановленого Органом Державного Регулювання, і для яких подальше використання не передбачається [3].

Для вирішення проблеми поводження з РАО потрібно створення національної системи поводження з радіоактивними відходами, спрямоване на розв'язання таких завдань:

- Створення єдиної державної системи поводження з РАВ які забезпечують повний цикл переробки РАВ з моменту їх створення до моменту захоронення;
- Удосконалення механізму фінансування діяльності з поводження із РАВ;
- Впровадження на АЕС України сучасних технологій попередньої обробки РАВ;
- Вдосконалювання автоматизованої системи обліку РАВ;
- Розвиток науково-технічного забезпечення у сфері поводження з РАВ;
- Підтримка та розвиток міжнародного співробітництва з питань поводження з РАВ.

Для забезпечення довготривалого зберігання РАВ, необхідно розробити і реалізувати ефективну технологію по переробці, яка дозволить мінімізувати вплив на навколишнє середовище та підвищить тривалість зберігання [2].

Перелік посилань:

1. Никифоров А. С. ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ / А. С. Никифоров, В. В. Куличенко, М. И. Жихарев. – Москва: ЕНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1985. – 182 с.
2. Енергетична стратегія України на період до 2035 року – Київ, 2015.
3. Технологические и организационные аспекты обращения с радиоактивными отходами. – 2005. – №27. – С. 221.

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-21 Самолюк Я.Ю.
Доц., к.т.н. Коньшин В.І.

РЕАКТОРНА УСТАНОВКА В392Б ЯК ВАРІАНТ ДЛЯ ДОБУДОВИ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ АЕС

Переважний тип енергоблоків для будівництва на АЕС України визначено в "Енергетичній стратегії України на період до 2030 року". У цій стратегії вказується, що позитивний досвід світової ядерної енергетики та експлуатації реакторних установок типу ВВЕР в Україні дозволяє зробити вибір для нового будівництва на користь енергоблоків з реакторними установками з водою під тиском, тобто типу PWR / ВВЕР. Для будови Хмельницької АЕС було обрано проект В-392Б запропонований компанією "Атомстройекспорт".

Запропонована для застосування на ХАЕС-3, 4 реакторна установка В-392Б в порівнянні з В-320 має цілу низку удосконалень, внесених у її конструкцію на основі аналізу досвіду експлуатації та рекомендацій МАГАТЕ для діючих АЕС з ВВЕР-1000.

Відмінність корпусів реакторів В-392 і В-320 полягає в тому, що:

- довжина корпусу реактора збільшена на 300мм за рахунок збільшення довжини опорної обичайки;
- обмежено вміст нікелю в основному металі і металі зварних швів, розташованих навпроти активної зони в межах 1,0 ... 1,3%.

Головною відмінністю є наявність таких додаткових систем безпеки:

- система швидкого введення бору (СШВБ);
- система пасивного відведення залишкових тепловиділень (СПВТ);
- додаткова система пасивної затоки активної зони (ДСП ЗАЗ).

ДСПЗАЗ призначена для пасивної подачі розчину борної кислоти до активної зони реактора з метою тривалого охолодження палива при аваріях з втратою теплоносія першого контуру, що супроводжуються відмовою активної частини САОЗ. Трубопроводи гідроємностей ДСПЗАЗ приєднані до ГЦК через трубопроводи САОЗ. Система вводиться в роботу із зниженням тиску в першому контурі.

СПВТ призначена для тривалого відводу залишкового тепловиділення від активної зони реактора при запроектних аваріях з втратою всіх джерел електропостачання змінного струму, як при щільному першому контурі, так і при виникненні теч у першому або в другому контурі. У випадку течі в першому контурі система працює разом з гідроємностями САОЗ другого щабля.

СШВБ призначена для функціонування в аварійних ситуаціях з відмовою аварійного захисту.

У той же час даний варіант дозволяє забезпечити:

- використання повною мірою побудованих на майданчику енергоблоку № 3,4 ХАЕС споруд;
- найбільш прийнятні умови в частині ліцензування;
- передумови щодо мінімізації витрат на створення енергоблоку.

Отже, даний варіант є вигідним для Хмельницької АЕС, що забезпечить максимальну безпеку для населення і водночас економічність його будівництва.

Перелік посилань:

1. Закон України «Про розміщення, проектування та будівництво енергоблоків № 3 і 4 Хмельницької атомної електричної станції».
2. Матеріали громадських слухань щодо будови Хмельницької АЕС

**СИСТЕМА ПАСИВНОГО ВІДВОДУ ТЕПЛА ВІД БАСЕЙНУ ВИТРИМКИ В
АТМОСФЕРУ ГЕРМООБОЛОНКИ РЕАКТОРА ВВЕР-1000 НА ОСНОВІ
ТЕРМОСИФОНІВ**

Аварія на енергоблоці №4 на АЕС Фукусіма-1 показала, що загроза пошкодження ТВЗ реальна не тільки для активної зони реактора, ай в екстремальних ситуаціях для при реакторних басейнів витримки відпрацьованого ядерного палива.

Після втрати зовнішнього електропостачання та відмови дизель-генераторів відбувається відключення живильного насосу басейну витримки, що призводить до нагрівання теплоносія до температури насичення з подальшим випаровуванням в атмосферу гермооболонки. Разом із теплоносієм розігріватися починають і відпрацьовані ТВЗ, а при оголенні палива температура оболонки починає різко збільшуватися і швидко досягає максимальної критичної межі по температурі оболонки ТВЕЛа.

Запобігти нагріванню оболонок ТВЕЛів до критичної температури можна декількома способами, наприклад, підживленням басейну витримки теплоносієм. При знеструмленні блоку цього можна досягти мотопомпами, мобільними дизель-генераторами, які забезпечать енергією один із насосів подачі живильної води в басейн витримки.

Наведені методи мають ряд недоліків, таких, як потреба у транспортуванні мотопомпи чи дизель-генератора в гермооболонку в умовах запроектої аварії; забруднення обладнання першого контуру, розташованого у ГО, радіоактивною водяною парою; забезпечення довгострокової роботи мобільних засобів паливом, мастилами, робочою середою та інше.

Пропонується альтернативне вирішення даного питання. За допомогою системи пасивного тепловідведення на основі термосифонів можна запобігти нагріванню води до температури насичення і збільшенню температури оболонок палива. Тепло, яке відбирається від теплоносія за допомогою термосифонів, буде передаватися повітрю під гермооболонкою. Таким чином запропонований варіант вирішує вказані недоліки активних систем.

Але існує технічна проблема. У зв'язку з тим, що повітря буде нагріватися і тепловідвід може стати недостатнім, тобто даний метод відведення залишкових тепловиділень стане неефективним через деякий чи достатньо довгий час. Таким чином, для обґрунтування методу буде потрібне моделювання системи пасивного тепловідведення та процесів при довготривалому повному знеструмленні блоку.

На сьогоднішній день технологія термосифонів досягла досить високого розвитку. Вони мають велику одиничну потужність при відносно невеликих розмірах. Тому даний метод охолодження басейну є досить перспективним і не потребує якихось дій від персоналу.

АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ТА ПРИЧИНИ ПОШКОДЖУВАНOSTІ ПВГ-1000 ТА ПВГ-1000М

В Україні на енергоблоках ВВЕР-1000 використовують парогенератори типу ПВГ-1000. На основі оцінки досвіду експлуатації і наслідків відмов, цілісність парогенераторів АЕС з ВВЕР-1000 визнана важливою проблемою, яка серйозно впливає на безпеку АЕС.

У процесі експлуатації парогенераторів ПВГ-1000 були виявлені різноманітні випадки їх пошкоджень [1].

Основною проблемою експлуатації ПВГ-1000, як було виявлено, є цілісність колектора ПГ. Суть проблеми полягає у виникненні тріщин на «холодних» вихідних колекторах теплоносія [2]. Тріщини виникали в проміжках перемичках між отворами труб в зоні так званого клину перфорованої частини колектора, де знаходиться зона концентрації залишкових напружень. Ця проблема спостерігалась в період 1986-1991 років [1] і була вирішена шляхом проведення модернізації ПВГ-1000 та впровадженням ПВГ-1000М.

Іншою проблемою, яка виникала з експлуатацією ПГ на АЕС України, було пошкодження теплообмінних трубок (ТОТ) в зоні між першою і четвертою дистанціонуючими решітками від «гарячої» колектора.

Найбільший вплив на пошкодження ТОТ здійснював процес корозійного розтріскування під напруженням.

Причинами пошкодження теплообмінних трубок ПГВ-1000М були визначені:

- високий рівень присосів охолоджуючої води в конденсаторах турбіни;
- відсутність контролю рівня продуктів корозії в критичній зоні ПГ, до проведення перших хімічних промивок, що створило умови для концентрування в них корозійно-активних домішок і до виникнення первинних корозійних пошкоджень металу ТОТ;
- застосування ВХР-2 з високим рівнем розчиненого кисню при наявності обладнання з мідьовмісних сплавів;
- низька чутливість приладів системи автоматичного і лабораторного хімічного контролю.

Розглянуті причини є основними причинами пошкодження та зменшення терміну експлуатації парогенераторів АЕС з ВВЕР-1000. Вони призвели до необхідності складної з технічної точки зору заміни парогенераторів на енергоблоці 2 Южно-Української АЕС [3].

Для вирішення цієї проблеми було запропоновано розробку рішень по таких напрямках як:

- реконструкція 2 контуру з заміною ТО яке містить мідь;
- застосування автоматичного хімічного контролю і корегування водно-хімічного режиму другого контуру;
- проведення контролю стану трубок ПГ.

Вивчення можливих рішень є метою виконання дипломної роботи.

Перелік посилань:

1. <http://www.gidropress.podolsk.ru/files/proceedings/seminar7/documents/f49.pdf>
2. http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/30/011/30011320.pdf
3. http://www.utem.com.ua/projects/zavershennye_proekty/index.php?proj_id=73

АТОМНІ СТАНЦІЇ З ПЕРЕДОВИМИ РЕАКТОРАМИ МАЛОЇ І СЕРЕДНЬОЇ ПОТУЖНОСТІ

Сучасна широкомасштабна атомна енергетика виникла як сукупний результат технічного прогресу в атомній галузі та об'єктивних потреб економіки. Близько півстоліття історія розвитку атомної енергетики пов'язана з підвищенням потужності одиничних блоків від 500 до 1500МВт і створенням на їх основі великих атомних станцій. Для сучасної атомної енергетики характерна концентрація великих реакторних потужностей у відносно невеликому числі ядерно-енергетичних центрів[1].

У той же час світова економіка потребує сучасних, автономних, надійних, екологічнобезпечних і економічноефективних енергоджерел. В якості таких джерел для цілей електропостачання, теплопостачання, а також для деяких технологічних потреб поряд з традиційними і поновлюваними джерелами енергії можуть бути затребувані і атомні установки малої потужності. Можливі області застосування таких установок і спектр їх призначення досить широкі.

Атомні станції малої потужності (АСМП), зокрема, можуть бути використані як об'єкти локальної енергетики для енергопостачання віддалених ізольованих споживачів. Цільовими споживачами енергоресурсів в цьому випадку будуть окремі групи населених пунктів і промислових підприємств, що мають компактне розташування[1].

Поряд з виробленням електроенергії АСМП можуть бути потенційно затребувані як джерела теплопостачання, для виробництва водню і інших вторинних енергоносіїв, для опріснення води в регіонах з гострим дефіцитом водопостачання.

У доповіді буде наведена інформація щодо сучасних проектів АСМП, а також розглянуто можливі області їх використання.

Перелік посилань:

1. Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетики : Т. 2 /под ред. акад. РАН А. А. Саркисова. — М. :Академ-Принт, 2015. — 387 с. : ил. — ISBN 978-5-906324-04-7 (в пер.).

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ САОЗ НД ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ АВАРИЙ С ТЕЧЬЮ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПЕРВОГО КОНТУРА

Одной из важнейших функций безопасности является обеспечение теплоотвода от активной зоны в нормальных и аварийных условиях эксплуатации. В случае аварий с потерей теплоносителя первого контура, отвод остаточных тепловыделений после срабатывания АЗ-1, осуществляется системами САОЗ ВД, САОЗ НД и ГЕ САОЗ.

Работа системы САОЗ НД требуется во всех аварийных ситуациях связанных с потерей теплоносителя, но наиболее критична работа данной системы при возникновении «больших» течей теплоносителя первого контура, сопровождающихся быстрой потерей теплоносителя и снижением уровня в активной зоне. Предельным случаем большой течи теплоносителя первого контура является двусторонний разрыв ГЦТ.

В случае возникновения ИС "Двусторонний разрыв ГЦТ" система САОЗ НД, вместе с ГЕ САОЗ, должна обеспечить восстановление уровня в активной зоне и предотвратить рост температуры оболочки ТВЭЛ выше 1200 °С (температура самоподдерживающейся пароциркониевой реакции с гарантированным нарушением целостности оболочки).

Основными критериями, обеспечивающими эффективность работы САОЗ НД, являются:

- транспортная задержка (период времени от формирования сигнала на работу системы до начала подачи раствора борной кислоты в активную зону);
- расходная характеристика насосов САОЗ НД. [1].

Целью данной работы является демонстрация того, проектные характеристики САОЗ НД, позволяют избежать тяжелого повреждения активной зоны в случае возникновения аварий с «большой» течью теплоносителя первого контура, с учетом принципа единичного отказа, позволяют перевести РУ в безопасное конечное состояние с обеспечением стабильного отвода остаточных энерговыделений[2].

Перелік посилань:

1. Отчет по периодической переоценке безопасности энергоблоков № 1, 2 ОП ЗАЭС. Комплексный анализ безопасности энергоблока №2. 21.2.59.ОППБ.00.
2. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. НП 306.2.141-2008, Киев, 2008.

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХОРОНЕННЯ НИЗЬКО- ТА СЕРЕДНЬОАКТИВНИХ РАВ, НАКОПИЧЕНИХ В ЗОНІ ВІДЧУЖЕННЯ ЧАЕС

На сьогоднішній день у світі з'являється все більше підприємств, які використовують радіоактивні елементи, що призводить до прискорення накопичення РАВ. Зростає актуальність розробки ефективних методів переробки та захоронення радіоактивних відходів, які, гарантовано забезпечать унеможливлення потрапляння та міграцію РАВ в біосфері.

До радіоактивних відходів відносяться матеріальні об'єкти та субстанції, що не підлягають подальшому використанню, рівень радіонуклідів в яких, або радіоактивне забруднення яких перевищує значення встановлені діючими нормами і правилами.

Основними виробниками радіоактивних відходів в Україні є атомні електростанції, підприємства з видобування та переробки уранової руди, наукові центри, підприємства та організації, що використовують радіоактивні речовини або джерела іонізуючого випромінювання. Частка радіоактивних відходів, що утворилися внаслідок аварії на Чорнобильській АС сягає 95% всіх радіоактивних відходів в Україні [1].

Актуальність теми полягає в тому, що станом на 31.12.2013 року на території України твердих та рідких РАВ накопичилося понад 3 млн. куб. м. Без сумніву постає питання, про найбільш безпечні і економічно вигідні стратегії захоронення і переробки РАВ [2].

Метою доповіді є підкреслення важливості підходу до переробки та захоронення РАВ, та аналіз найбільш ефективних методів вирішення ключових питань поводження з РАВ.

Для того, щоб вирішити проблеми переробки та захоронення РАВ національна система поводження з радіоактивними відходами повинна виконувати такі завдання:

- Удосконалення механізму фінансування поточного поводження з радіоактивними відходами та експлуатації сховищ на всіх етапах їх життєвого циклу до зняття радіоактивних відходів із регулюючого контролю і створення нових об'єктів (установок) для їх переробки, зберігання і захоронення.
- Забезпечення подальшого розвитку системи поводження з РАВ, що утворюються при експлуатації українських АЕС, мінімізація обсягів їх утворення.
- Будівництво, введення в експлуатацію, експлуатація комплексу “Вектор”, в тому числі будівництво відповідних сховищ, створення установок з переробки РАВ, проектування та виготовлення комплексу з газофторидної переробки високоактивних радіоактивних відходів [3].

Головною проблемою є відставання в реалізації накреслених планів у сфері поводження з РАВ. Це, є наслідком того, що існуюча система управління є недосконалою і потребує реорганізації.

Перелік посилань:

1. http://5ka.at.ua/load/ekologija/povodzhennja_z_rav_v_ukrajini_referat/18-1-0-7801
2. Государственное агентство Украины по управлению зоной отчуждения “Реализация Стратегии по обращению с РАО в Украине ” Зинкевич Л.И. ноябрь 2014.
3. http://www.energoatom.kiev.ua/ua/about/company_strategy.

СИСТЕМА ПРИМУСОВОГО СКИДАННЯ ТИСКУ ІЗ ГЕРМОБОЛОНКИ

Необхідність у розробці та реалізація концепції примусового скидання тиску із зони локалізації аварії енергоблоків ВП АЕС з ЯУ типу В-320 передумовлена проблематикою розвитку «важких аварій» на реакторних установках. Як відомо, в ході розвитку «важких аварій» на АЕС відбувається генерація великої кількості пари, не конденсованих газів, у складі яких велику частку складає водень, що призводить до значного зростання параметрів (тиску, температури) середовища в зоні локалізації аварії (ЗЛА). При цьому можуть виникати умови для горіння або детонації водню, які можуть призвести до додаткового зростання тиску в ЗЛА понад проектної здатності герметичного огороження (ГО), при яких всі технічні заходи і стратегії управління «важкою аварією» виявляться не досить ефективними, що в свою чергу може призвести до руйнування ГО РУ і, як наслідок, до неконтрольованого виходу радіоактивної парогазової суміші в навколишнє середовище.

Переваги системи фільтрації в тому, що при розведенні в атмосфері хмари з неконденсованих газів, після закінчення викиду, кількість продуктів поділу на ґрунт значно знижується, що є передумовою до відсутності довготривалого опромінення на даній території. Таким чином, установка фільтрів на системі скиду є необхідною. При цьому оцінка вказує, що при встановлених фільтрах на відстані 10 км дозові навантаження залишаються невеликими і відповідають рівню обмеження перебування дорослих на відкритому повітрі. Для енергоблоків України можна вважати найбільш виправданими фільтри системи «RWE» і системи «FZK» як найбільш економічні і надійні

Перелік посилань:

1. Программа работ по анализу ««тяжелых аварий»» и разработке руководств по управлению тяжелыми авариями, введенная в действие приказом НАЭК «Энергоатом» № 48 от 25.01.2010 г.
2. EP18-2010.400.ОД1. Запорожская АЭС. Энергоблок №1. «Анализ уязвимости»

УДК 621.039.53

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-21 Сущенко К.О.
Асист. Серафин Р.І.

ДОСВІД ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЇ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ПАРОГЕНЕРАТОРІВ

Одними з найважливіших елементів АЕС з реакторами ВВЕР є парогенератори(ПГ). На АЕС з ВВЕР-440, 1000 використовують ПГ типу ПГВ-213 та ПГВ-1000М. В процесі експлуатації конструкція цих парогенераторів у порівнянні з проектною зазнавала змін та модифікацій. Процес вдосконалення парогенераторів, що знаходяться в експлуатації продовжується і надалі [1].

На сьогоднішній день існують і інші проекти горизонтальних парогенераторів, що знаходяться на різних стадіях розробки, наприклад, парогенератор ПГВ-1000МК, що є модифікацією серійного ПГВ-1000М, виконаною з метою досягнення більш високих характеристик надійності та безпеки, покращення умов експлуатації та обслуговування. Для установки підвищеної потужності розроблені проекти ПГВ-1500 та ПГВ-1600[2]. Однак, для реалізації цих проектів потрібен ряд досліджень, направлених на вирішення великої кількості науково-технічних та конструкторських проблем[3].

В результаті багаторічної експлуатації було накопичено величезний досвід, який задав напрямок розвитку конструкції горизонтальних ПГ, та встановив більш жорсткі вимоги до нових проектів.

Проведені експериментальні та теоретичні дослідження є чудовою базою для вдосконалення конструкції, характеристик надійності і безпеки та процесу експлуатації горизонтальних ПГ. Конструкція парогенераторів для АЕС з ВВЕР має великі перспективи з точки зору підвищення надійності, строку служби, та затрат на обслуговування.

В рамках доповіді розглянуті проблеми, що виникали в процесі експлуатації горизонтальних ПГ, та описані дослідження, які були проведені задля усунення конструкційних недоліків, що призвели до даних проблем.

Перелік посилань:

1. Трунов Н.Б., Драгунов Ю.Г. Совершенствование конструкции ПГ АЭС с ВВЭР. The International Nuclear Forum “Nuclear Energy – Challenges and Prospects”, Warna, Bulgaria, June 2003
2. Лукасевич Б.И., Давиденко С.Е., Трунов Н.Б., Драгунов Ю.Г. Парогенераторы реакторных установок ВВЭР для атомных установок. М., Наука, 2004.
3. Трунов Н.Б., Лукасевич Б.И., Харченко С.А., Сотсков В.В., Парогенератор ПГВ-1500, этапы разработки и развития. Четвертая международная научно-техническая конференция. Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики, РЭА, Москва, 19-21 апреля 2006.

УДК 621.039.5

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-21 Сичов Д.В.

Асист. Серафим Р.І.

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПОВОДЖЕННЯ З РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

За період свого розвитку ядерна енергетика зайняла провідне місце у виробництві електричної та теплової енергії практично всіх розвинених країн світу. Зараз у 30 з них знаходяться в експлуатації 442 атомних реакторів, які генерують 12 % електроенергії, що виробляється у світі. У Франції, приміром, ця частка складає майже 76 %, в Україні – 50 % [1].

Однак, як відомо, будь-який вид діяльності людини разом з користю для суспільства несе й негативні наслідки. Одним із таких негативних наслідків використання ядерної енергії є утворення радіоактивних відходів (РАВ). Радіоактивними відходами називають матеріальні об'єкти і субстанції, активність радіонуклідів або радіоактивне забруднення яких перевищує рівні, встановлені чинними нормами, за умови, що використання цих об'єктів і субстанцій не передбачається. А вся сукупність видів діяльності з їх збирання, переробки, перевезення, зберігання і захоронення одержала назву поводження з радіоактивними відходами [2].

Радіоактивні відходи здатні нести велику небезпеку і загрозу людству, при неправильному поводженню з ними. Саме тому, тема поводження з РАВ, а також проблематика пов'язана з нею, є актуальною на сьогоднішній день для всього світу. В свою чергу, вирішення низки проблем, які стосуються поводження з радіоактивними відходами, здатне підвищити рівень безпеки вироблення і використання ядерної енергетики.

Доповідь буде містити аналіз сучасного стану поводження з радіоактивними відходами в Україні та світі.

Перелік посилань:

1. <https://www.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByCountry.aspx>
2. Поводження з радіоактивними відходами / А. В. Носовський, З. М. Алексєєва, Г. П. Борозенець та ін.; За ред. А. В. Носовського. – К.: Техніка, 2007. – с. 5.

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТВС КОМПАНИИ "ВЕСТИНГАУЗ" В РЕАКТОРАХ ВВЭР-1000

В соответствии с требованиями нормативных документов (п.6.1 [1]) конструкции и материалы, использованные в проектах АЭС, должны быть апробированы опытом эксплуатации либо их использование обосновано результатами исследований и испытаний. Одним из важных требований является устойчивость ТВС к деформациям, которые могут нарушить нормальное функционирование средств воздействия на реактивность (п.8.2.3 [1]). Конструкция ТВС компании «Вестингауз» перегрузочной партии и материалы, используемые в них, аналогичны примененным в опытных ТВС компании «Вестингауз», эксплуатация которых завершена на энергоблоке №3 ЮУАЭС. Для обеспечения требуемой жесткости каркаса ТВС перегрузочной партии в их конструкции дополнительно использовано крепление средних и верхней дистанционирующих решеток к направляющим каналам с помощью двойной развальцовки втулок решеток, которое впервые было применено в конструкции модернизированной ТВС типа VVANTAGE-6. Проведенные работы позволяют обеспечить геометрические параметры ТВС-W во всех режимах работы активной зоны. Ниже представлена информация, которая свидетельствует о наличии положительного опыта использования материалов и конструкторских решений, примененных в ТВС перегрузочной партии компании «Вестингауз» на ЮУАЭС и на АЭС «Темелин».

ТВС компании «Вестингауз» начали эксплуатироваться на энергоблоке №3 ЮУАЭС с 2005 г. После окончания каждой топливной кампании проводилось обследование состояния опытных ТВС-W. Осмотр опытных кассет производился в бассейне выдержки с использованием системы СТС-ПМ-100В. Каждая опытная кассета осматривалась со всех шести граней на предмет выявления видимых дефектов оболочки, повреждений компонентов опытных ТВС или иных повреждений, наличие которых может привести к выводу о непригодности ТВС к дальнейшей эксплуатации. Результаты проведенных осмотров после каждого года эксплуатации следующие:

- Видимого свидетельства нарушения целостности оболочек твэлов или других элементов ТВС-W не обнаружено.
- Не обнаружено видимых повреждений или непроектных положений отдельных компонентов ТВС-W, которые могли бы привести к зацеплению с сопрягающимися ТВС и компонентами а.з.
- Все твэлы опытных ТВС-W выглядели чистыми и не искривленными.
- Поверхность твэлов обладала хорошей отражательной способностью. Состояние внешней поверхности оболочки твэлов свидетельствовало о наличии коррозии, находящейся в допустимых пределах.
- Не было замечено ни одного твэла, который бы сместился вплотную к головке или хвостовику. Величина зазора между твэлами и хвостовиком/головкой ТВС имеет достаточный запас для дальнейшего роста твэлов.
- На поверхностях некоторых решеток опытных ТВС-W наблюдались потертости, образовавшиеся в результате трения о соседние кассеты во время установки и извлечения ТВС из реактора.
- Разновысотность опытных ТВС-W в а.з. не превышала установленного значения.

За время эксплуатации все опытные ТВС-W были признаны герметичными, о чем свидетельствуют результаты КГО. Анализ показателей качества теплоносителя первого контура не зафиксировал какого-либо влияния опытных ТВС-W на ВХР первого контура.

СУМІСНА РОБОТА СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА І ТЕПЛОГО НАСОСУ В ЗИМОВИЙ ПЕРІОД

Сьогодні одна з проблем використання відновлювальних джерел енергії - це змінність енергетичних потоків. Мета створення систем з використанням декількох відновлювальних джерел енергії - підвищення надійності та економічності всієї системи.

Завдання - проаналізувати сумісну роботу системи плоских сонячних колекторів з тепловим насосом у зимовий період. Визначити основні питомі характеристики обладнання. Дослідження проводилося для кліматичних умов на території України: від Криму до Чернігова що відповідає широтам в діапазоні від 44 ° N до 52 ° N. Кліматичні дані, які впливають на роботу СК, а саме: середньомісячні показники температури повітря, та середньомісячна добова щільність сонячної радіації на горизонтальну поверхню представлені відповідно на Рисунках 1,2.

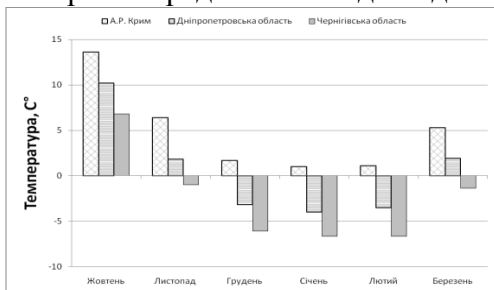


Рисунок 1. Середньомісячна температура в зимовий період по регіонах України

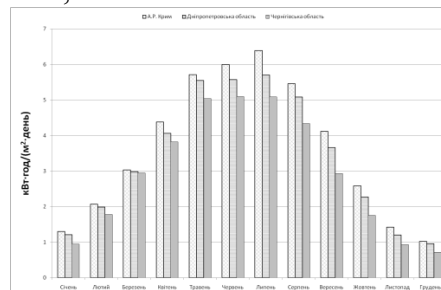


Рисунок 2. Дані сонячної радіації по регіонах України.

Температура навколишнього середовища та швидкість вітру суттєво впливає на КПД плоского СК. Чим більша температура між навколишнім середовищем та температурою теплоносія на виході із колектора, тим менший КПД [1]. Дані щодо густини сонячної радіації, які представлені на Рисунку 2 показують, що густина сонячної радіації улітку в середньому більша у 6 раз ніж зимою.

Розглянута система плоских сонячних колекторів загальною площею 10 м², де бак акумулятор, максимальна температура теплоносія в якому становить 15°C, - джерело низькопотенційного тепла для теплового насосу. При умові, що в такому ТН температура випарника $t_{\text{вип.}} = 0^\circ\text{C}$, температура конденсації $t_{\text{конд.}} = 55^\circ\text{C}$, $\eta_{\text{oi}} = 0,75$. Також розглянуті різні робочі тіла: фреони R22, R407C, R410B. (За допомогою відкритого програмного забезпечення CoolPack для кожного фреону, був розрахований COP (coefficient of performance)). Кут нахилу сонячних колекторів обраний з розрахунком на холодний період року і становить: $\delta = \text{°N} + 15^\circ$, де °N - координатна широта.

В результаті роботи було виявлено, що застосування теплового насосу в одній системі з сонячним колектором дозволяє підвищити ефективність роботи сонячних колекторів, та забезпечити споживача водою (теплоносієм) необхідної температур. Теплова потужність теплового насосу на 10 м² сонячного колектора складає 0,74 - 1,87 кВт, потужність компресора: 0,22 - 0,62 кВт.

Перелік посилань:

1. Даффідж.А., Бекман У.А. Теплові процеси з використанням сонячної енергії. Москва: «Мир», 1977. – 409 с

2. Соколов Е. Я., Бродянский В. М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения: Учеб. пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. — М.: Энергоиздат, 1981. — 320 с. .

УДК 621.039.586

Студентка 4 курсу, гр. ТЯ-21 Фабрицька В.Ф.
Асист. Серафин Р.І.

АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ ТЯЖКИХ АВАРІЙ

Атомна електрична станція – є складним і техногенно-небезпечним об'єктом. Щогодинна експлуатація АЕС вимагає великої відповідальності, віддачі та постійного контролю систем безпеки. Саме вона є запорукою стабільності та спокою при роботі з небезпечними радіоактивними речовинами та вибухонебезпечним обладнанням. За всі роки роботи та вивчення атомної енергетики було безліч відкриттів і вдосконалень, аварій та помилок.

Чого лише варта найбільша техногенна аварія за всі часи – Чорнобильська. Щосекунди у світі тисячі людей в небезпеці, адже при найменшій помилці чи відмові може статись нова, страшніша аварія із усіх до цього. Постійний моніторинг та аналіз тяжких аварій привів до того, що були розроблені нові, кращі системи захисту та обладнання. Усі дії було спрямовано на те, аби не повторились схожі аварії, як на Чорнобиліта Фукусімі-1. Як відомо, на один з блоків Фукусімі одночасно діяли землетрус і цунамі. Були виведені системи аварійного живлення, як результат – перегрів та накопичення водню, що і спричинило вибух блоку.

На сьогодні, для аналізу та оцінки тяжких запроектних аварій розроблені симулятори, що представляють собою набір механічних та параметричних моделей. Для сучасних проектів РУ з ВВЕР використовують код MELCORу складі симулятору MELSIM, отриманого в рамках МАГАТЕ. Для різних типів та серій реактора окрема організація використовує власний код (МААР4, ASTEC).

У доповіді буде наведена інформація щодостану і досвіду розробок по моделюванню і управлінню запроектними аваріями на атомних електростанціях.

Перелік посилань:

1. Скалозубов В.И., Ключников А.А., Колыханов В.Н. «Основы управления запроектными авариями с потерей теплоносителя на АЭС с ВВЭР». Ин-т проблем безопасности АЭС.-Чернобыль (Киев, обл)2010.-400 стр.

ОЦІНКА РАДІАЦІЙНОГО РОЗПУХАННЯ ТА ПРОГРЕСУЮЧОЇ ФОРМОЗМІНИ ЕЛЕМЕНТІВ ВИГОРОДКИ РЕАКТОРІВ ТИПУ ВВЕР-1000

За останні 5 років українські науковці та енергетики отримали значний досвід в питаннях оцінки залишкового ресурсу обладнання АЕС та впровадження нових методологій та норм на експлуатаційних ділянках. Особливістю вітчизняної атомної енергетики є те, що заміна внутрішньокорпусних приладів (ВКП) реакторів є економічно неможливою. Саме тому в загальному наборі критеріїв надійності обладнання з'являються характеристики, які враховують вплив чинників викликаних накопченими дефектами в матеріалі, що зумовлені флюенсом нейтронів та радіаційним енерговиділенням [1].

Характерні розміри елементів вигородки з часом експлуатації можуть суттєво змінюватися, при чому інтенсивність формозміни залежить від вражаючої дози та температури [2], які в свою чергу визначаються загальною динамікою експлуатації реакторної установки. Зміна геометрії в свою чергу може вплинути на гідравліку проточної частини реактора, викликаючи так звані аномальні гідродинамічні процеси, зміну власної частоти коливань ВКП, тим самим зміщуючи резонанси у спектрі

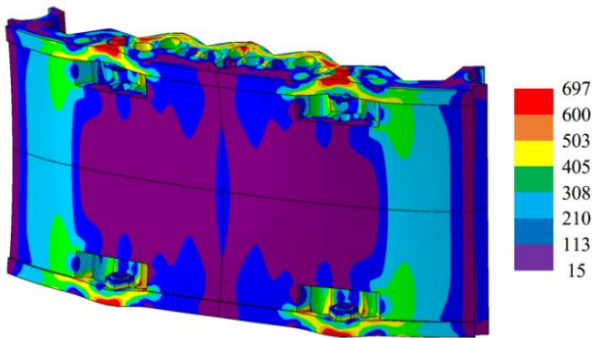


Рисунок 1 - розрахункові напруження деформованого стану на 60-му році експлуатації ЮУАЕС-1

характеристики – залишкові напруження (див. рис. 1) та напруження викликані нерівномірністю розподілу температур, які спричиняють деформування. Існує багато моделей для оцінки формозміни [2], які в основному є модифікаціями «моделей вільного розпухання», доповненими середнім напруженим станом, видом напруженого стану, явищем радіаційної повзучості та швидкістю набору дози матеріалом. За допомогою таких моделей оцінюють деформацію та напруження деформованого стану, останнє порівнюють з границею текучості, та роблять попередні висновки щодо подальшої роботи ВКП. Остаточні рішення стосовно адекватності вибраної моделі та можливості подальшої експлуатації реакторної установки лише після натурних вимірів під час капітального або планового ремонту енергоблоку.

Перелік посилань:

1. Пономарев-Степной Н.Н. Тепловиделение в ЯР / Глушков Е.С ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1985 – 159 с.
2. Мирзов И.В. Напряженно-деформированное состояние внутрикорпусных устройств реактора ВВЭР-1000 : дис.. кан. тех. наук/ Мирзов И.В. –К, 2015-200с.

КРИТЕРІЇ ПОЯВИ ВІБРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ВНУТРІШНЬКОРПУСНИХ ПРИЛАДІВ РЕАКТОРІВ ТИПУ ВВРТ

Будь яка реальна сукупність зв'язаних тіл з ненульовою масою та обмеженим у зростанні значенням модуля пружності представляє собою механічну коливальну систему і відповідно схильна к вібраційним процесам. Не виключенням є внутрішньокорпусні елементи реакторних установок. Вібраційні процеси ВКУ відносяться до числа головних факторів, визначаючих динамічні навантаження на обладнання, термін служби та надійність.

Необхідною умовою виникнення коливань є наявність джерела енергії, яке компенсує неминучі дисипативні процеси. Головним енергетичним джерелом в реакторному обладнанні є рух теплоносія [1]. Таким чином, головне питання, яке виникає при вібраційному аналізі елементного обладнання першого контуру – це виявлення механізму перетворення енергії руху рідини або пароводяної суміші в енергію коливань, тобто механізму збудження.

Реальна коливальна система – це зв'язані процеси, з зворотним нелінійним зв'язком, характеристики якої визначаються не лише геометрією та силовими факторами, а й родом сил, характером взаємодії на попередніх ділянках відносно вибраної області. Усі коливальні процеси є суто нестационарними, саме тому вимагають дослідження усіх характеристичних параметрів з урахуванням динамічних сил. При обтіканні елемента на його поверхні виникає нестационарна гідродинамічна сила, яка є в загальному випадку складною функцією багатьох параметрів, робота якої іде на компенсацію роботи демпфування. В першому наближенні, при умові, що динамічна сила змінюється у часі пропорційно амплітуді коливань за гармонійним законом, а сила дисипації лінійно залежить від швидкості руху віброуючого елемента, характер коливань визначатиметься системою рівнянь (1) відношенням роботи «позитивних» сил до сил, що «гальмують» систему. В залежності від значення критерію K коливальні процеси визначаються за характером, стійкістю та можливістю збудження інших процесів наприклад кипіння з недогрівом або аномально низькі значення критичних теплових потоків.

$$\begin{cases} \int_0^{2\pi/\omega} F(t) \frac{dy}{dt} dt = 2\pi F y_{\max} \\ \int_0^{2\pi/\omega} \zeta M \omega \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 dt = 4\pi M \zeta \omega^2 y_{\max} \end{cases} \Rightarrow K = \frac{F}{2M\zeta\omega^2} \quad (1)$$

Найбільш небезпечними для внутрішньокорпусного обладнання реакторної установки є насамперед резонансні процеси викликані термоакустичними коливаннями [3], які стимулюють високочастотне утворення парової фази в умовах недогріву, яка є причиною точкових гідроударів.

Перелік посилань:

1. Wambsganss M. W. Vibration of reactor core component// Reactor, Fuel Processing Tehnology.-296. – Vol 10, No. 3. – P. 208-219.
2. Федорович Е.Д. Вибрации элементов оборудования ЯЭУ/Е.Д. Федорович, Б.С. Фокин, А. Ф. Аксельрод, Е. Н. Гольдберг. – М.: Энергоатомиздад, 1989. – 168 с.
3. Ключников А.А. Теплофизика поврежденных реакторных установок/ А.А. Ключников, И.Г. Шараевский, Н.М. Фиалко, Л.Б. Шараевская. – Чернобыль 2013 – 528 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАЛИВНИХ ЗАВАНТАЖЕНЬ ДЛЯ РЕАКТОРІВ ТИПУ ВВЕР

В рамках проектів з модернізації та технологічних розвитку економіки нашої країни заявлена програма інноваційного розвитку ядерної енергетики, яка передбачає на найближчому етапі істотну оптимізацію експлуатаційних характеристик ВВЕР.

Одна з таких можливостей стосовно до ВВЕР, які працюють в умовах відкритого паливного циклу, полягає в підборі вигіднішого водо-уранового відношення в активній зоні без змін конструкції ТВЗ[1].

У ВВЕР при виборі складу паливної композиції для фіксованої геометрії ТВЕЛа і кроку решітки визначальним нейтронним параметром є відношення ядерної концентрації водню до ядер ^{238}U і ^{235}U . Для ілюстрації цього положення виконані розрахунки, в яких для різної кількості в таблетці ^{235}U варіювали відношення ^{238}U і водню. Така зміна співвідношення ядерної концентрації урану і водню здійснюється за рахунок вибору відповідного збагачення палива та розміру таблетки. Збільшення збагачення палива при зменшенні обсягу таблетки дозволяє зберегти кількість ^{235}U і знизити кількість ^{238}U .

Проаналізовано результати дослідження впливу водо-уранового відношення на ефективність використання палива та режими перевантажень ВВЕР при незмінній конструкції активної зони і ТВЗ. Основними змінними параметрами є збагачення палива і геометричні параметри паливної таблетки[2].

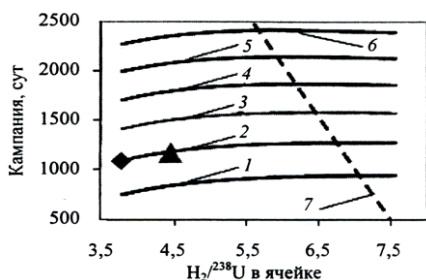


Рисунок 1. Залежність тривалості кампанії при чотирикратному перевантаженні палива в ВВЕР від зміни ядерної концентрації водню до ^{238}U і ^{235}U , $H/_{235}\text{U}$ - 120 (1), 90 (2), 70 (3), 60 (4), 50 (5), 45 (6); 7 - область оптимальних значень

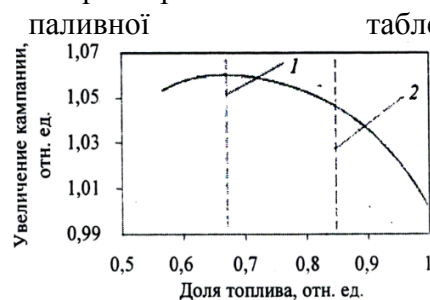


Рисунок 2. Залежність тривалості кампанії, від частки палива в ТВЕЛі в порівнянні зі стандартною таблеткою: 1, 2 - збагачення палива 6,5 і 5% відповідно

Показано, що підвищення збагачення при відповідній зміні параметрів паливної таблетки дозволяє поліпшити експлуатаційні параметри ВВЕР завдяки зниженню витрати урану і оптимізації режимів перевантажень.

Перелік посилань:

1. Филимонов П. Е. Программа «Имитатор реактора» для моделирования маневренных режимов работы ВВЭР-1000 / П. Е. Филимонов, В. В. Мамичев, С. П. Аверьянова // Атомная энергия. — 1998. — Т. 84, № 6. - С. 560-563.
2. Maksimov M. V. Principles of controlling fuel-element cladding lifetime in variable VVER-1000 loading regimes / M. V. Maksimov, S. N. Pelykh, R. L. Gontar // Atomic Energy. — 2012. — Vol. 112, No. 4. — P. 241-249.

УДК 621.039

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-22 Черкасов О.А.
Асист. Гашимов А.М.

СТРАТЕГІЇ КЕРУВАННЯ АВАРІЄЮ ІЗ СЕРЕДНЬОЮ ТЕЧІЄЮ ТЕПЛОНОСІЯ ПЕРШОГО КОНТУРУ РЕАКТОРНОЇ УСТАНОВКИ ВВЕР-1000

Безпека при роботі ядерних реакторів – одна з найважливіших цілей, що стоїть поряд з економічною ефективністю і надійністю експлуатації ядерної установки. Велику увагу питанню про безпеку роботи атомної станції почали приділяти після великих аварій в СРСР і Японії. В майбутньому очікується зменшення ризику аварій під час експлуатації ядерних установок шляхом розроблення нових принципів безпечної роботи АЕС.

На сьогоднішній день існує проблема підвищення безпеки на реакторах ВВЕР, зокрема на реакторі ВВЕР-1000. Після аварії на АЕС Три-Майл – Айленд (США) розпочався активний аналіз аварій пов'язаних з течією теплоносія у першому контурі (малою і середньою), і у зв'язку з цим при аналізі запроектованих аварій активно почала приділятися увага саме модернізації системи аварійного охолодження активної зони високого і низького тиску. Аварії з течією теплоносія в першому контурі зараз розглядаються як цілком імовірні. Виявилось, що розвиток таких аварій може відбуватися по-різному в залежності від розміру течії, від її місця виникнення, а також конструкційних особливостей ГЦК.

У доповіді розглянуті проблеми, що можуть виникнути в ході експлуатації ЯЕУ при роботі системи аварійного охолодження активної зони високого та низького тиску, обґрунтовано необхідність подальших досліджень стосовно цих проблем шляхом моделювання або випробування, а також наголошено на необхідності модернізації обладнання цієї системи.

Перелік посилань:

1. Правила ядерної безпеки реакторних установок атомних станцій з реакторами з водою під тиском (ПБЯ РУ АС-2008). НП306.2.145-2008
2. Проектування оптимальних стратегій аварійних процедур та проектних рекомендацій щодо модифікації обладнання захисту та блокування для відновлення функцій безпеки на основі розрахунково аналітичних випробуваннях по стратегіях та алгоритмах управління аварійними процесами в разі середньої течії теплоносія першого контуру РУ ВВЭР-1000 блока №1 ЮУ АЭС. ЕР39-2006.130.ОД.1

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ДОДАТКОВИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ АВАРІЯМИ НА РЕАКТОРНІЙ УСТАНОВЦІ З РЕАКТОРОМ ВВЕР-1000

У проектах АЕС нового покоління підвищеної безпеки з реакторною установкою ВВЕР-1000 для уникнення переходу запланованих аварій у тяжку стадію, що характеризується надпланованими пошкодженнями активної зони (АкЗ), передбачені нові пасивні системи безпеки: гідроємності другого рівня низького тиску (ГЄ-2) і система пасивного відводу тепла (СПВТ). У даному дослідженні розглядається питання визначення ефективності СПВТ реакторної установки ВВЕР-1000 на основі двофазних термосифонів. Ці системи безпеки, здатні забезпечити тривале відведення залишкових тепловиділень від АкЗ та басейну витримки в умовах аварійних ситуацій, що можуть супроводжуватись відмовою активної системи аварійного охолодження АкЗ.

Аналіз аварії на АЕС Фукусіма-1 показали, що при забезпеченні цілісності АкЗ реактора та обмеження радіоактивних викидів у встановлених межах слід враховувати інтенсивність охолодження басейну витримки. Саме такі запропоновані СПВТ дозволяють зберегти цілісність фізичних бар'єрів на шляху розповсюдження радіоактивних елементів при запланованих аваріях [1].

Підключення СПВТ реакторної установки по першому контуру забезпечує її незалежність від рівня живильної води у парогенераторі [2]. Тому енергоблоки, які перебувають на стадії будівництва, функціонування або проектування повинні бути оснащені подібними системами.

Термосифони СПВТ розраховані на високі значення теплового потоку і тиску. При розвинутому режимі кипіння коефіцієнти тепловіддачі зростають більш різко зі збільшенням густини теплового потоку, проте зменшується запас до кризи теплообміну [3].

Перелік посилань:

1. Проект углубленного анализа безопасности энергоблока №5 ЗАЭС. База данных 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. Шевелёв / Зб. наук. пр. СНУЯЕтаП, 2010. – Вип. 2(34). – С.49-56.
3. 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.

Студент 4-го курсу гр. ТЯ-21 Шеляговський Д. О.
Асистент Федоров Д. О.

АЛЬТЕРНАТИВНИЙ СПОСІБ ПОДАЧІ ЗАПІРНОЇ ВОДИ ГЦН-195М В УМОВАХ ЗАПРОЕКТНИХ АВАРІЙ

Повна втрата живлення змінним струмом енергоблоку від внутрішніх і зовнішніх джерел, є найнебезпечнішою вихідною подією аварії для будь-якого типу ЯПВУ другого покоління. А це, переважна більшість енергоблоків, які знаходяться в промисловій експлуатації в усьому світі і в Україні. Вихідна подія супроводжується втратою функції тепловідведення до кінцевого поглинача тепла. Тому, без проведення принципів дій по ліквідації аварії, це гарантовано призведе до важкого пошкодження активної зони і ймовірної відмови захисної функції контайменту. Такі дії зводяться в спеціальні протиаварійні інструкції. Важливим аспектом аналізу таких інструкцій, є, виявлення можливих проблем з якими може зіткнутися персонал БЦУ, якщо, наприклад, дії інструкції по відновленню живлення будуть тимчасово безуспішні. Такий стан прийнято називати станом тривалого повного знеструмлення енергоблоку. Однією з довгострокових проблем при виникненні такого стану, є відмова ущільнень блоку ущільнення вала ГЦН, через неминучість, його тривалого перегріву в умовах припинення подачі запірної води, що призводить до виникнення течії з першого контуру.

У режимі нормальної роботи енергоблоку на потужності, для виключення протікання води першого контуру через блок ущільнення вала ГЦН, запірні вода подається живильними агрегатами, системи підживлення-продувки першого контуру. До складу кожного такого агрегату входить: бустерний і основний підживлюючий насоси, а також маслосистема останнього. Охолодження агрегату виконується технічною водою. Очевидно, витримати мінімально необхідні умови експлуатації цих агрегатів, в умовах стану тривалого повного знеструмлення, завдання нездійсненне.

Так як, подача запірної води на ГЦН, важливий етап відновлювальних процесів, що передує загальним діям для стабілізації стану енергоблоку. Була досліджена можливість використання альтернативних насосних агрегатів, перш за все визначених проектом ЯПВУ ВВЕР-1000, В-320. Критеріями відбору при такому аналізі були:

- простота збірки схеми
- прийнятні робочі характеристики насоса
- відносно невелика потужність електродвигуна

Результати аналізу показали, що такому набору вимог, відповідає група плунжерних кривошипних насосів системи гідровипробувань 1 контуру і продувки датчиків КВП. Дана система межує з системою підживлення-продувки 1 контуру, а підготовка вказаних насосів займає мінімум часу. Для живлення електродвигуна даного типу насоса потрібно відносно недорогий мобільний дизель-генератор середньої потужності, що теж є плюсом такого рішення.

Перелік посилань:

1. Запорожская АЭС. Энергоблок № 5. Отчет по анализу безопасности. Анализзапроектныхаварий. Итоговыйотчет. Киев. 2008.
2. АЭС с ВВЭР-1000. Установка реакторная В-320. Типоваяинструкция по эксплуатации. Технологическиесистемы реакторного отделенияЧасть 1 и 2.

УДК 621.039

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-22 Шепетько О.Р.
Асистент Кондратюк В.А.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ГОЛОВНОГО ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО НАСОСУ ВВЕР-1000

Надійність роботи АЕС в широкому сенсі визначається надійністю систем охолодження активних зон реакторів енергоблоків, зокрема, справною роботою ГЦН. Важливими чинниками, що обмежують ресурс ГЦН, є наслідки перехідних експлуатаційних режимів: прямого пуску і самозапуску приводного асинхронного двигуна насоса. Застосований спосіб безпосереднього підключення електродвигуна ГЦН до мережі власних потреб енергоблоку, виправданий в період проектування і будівництва АЕС, коли були відсутні альтернативні рішення. Проте даний спосіб має ряд істотних недоліків, пов'язаних з моментними і струмовими перевантаженнями, що спричиняють небажаний вплив на двигун, насос і живильну мережу. Моментні перевантаження приводного АТ обумовлені його перехідними електромагнітними моментами короткочасної дії і значної інтенсивності.

Ці моменти є джерелами коливальних процесів в ГЦН, а саме: коливань ротора двигуна; вібрацій насосного агрегату, системи його кріплення, приєднаних до нього ділянок головного циркуляційного контуру і допоміжних трубопроводів. Коливання, в свою чергу, викликають гідродинамічну нестабільність підшипників, розпушеність стаціонарних і рухомих деталей, накопичення виснаження в металі валопроводу і інших конструктивних елементів насосу, приводячи до їх передчасного зношування і зростання ймовірності виходу з ладу.

Теоретичний аналіз і пошук практичних способів усунення причин коливань в електромагнітних системах "асинхронний електропривод - виконавчий механізм" в пускових режимах є давньою науково-технічною проблемою яка не втратила свою актуальність і значення в наш час. Однак безпосередньо проблемам пускових режимів приводних АД і пов'язаним з ними особливостям експлуатації ГЦН належної уваги приділялося мало. Загальним недоліком нечисленних досліджень є відсутність пропозицій щодо їх практичного використання, розгляд питань поза контекстом продовження і збереження ресурсу енергоблоків АЕС.

Також недоліком даної конструкції є консольне розташування по відношенню до ротора, та окреморозташованого маховика. Така конструкція маховика призводить до виникнення підвищених вібраційних навантажень внаслідок найменшого дисбалансу при центруванні, тому являється пристроєм підвищеної небезпеки. До недоліків даної конструкції також відноситься наявність суцільного нероз'ємного вала. Ці два фактори знижують надійність електроприводу головного циркуляційного насосу. Крім того, наявність окремо розташованого маховика збільшує загальну висоту електроприводу ГЦН і ускладнює його монтаж / демонтаж при профілактиці або ремонті.

Модернізація ГЦН є результатом багаторічного постійного обстеження та оцінки необхідних параметрів з метою підвищення рівня ядерної та технічної безпеки, досягнення ефективних показників як з точки зору техніки так і економіки і отже з метою задоволення вимог споживачів насосів ГЦН.

Перелік посилань:

1. Збірник наукових праць СНУЯЕтаП. – Севастополь: СНУЯЕтаП, 2013. – Вип. 2 (46). – 244 з.: іл.
2. <http://poleznayamodel.ru/model/12/126534.html>

Студент 4-го курсу гр. ТЯ-21 Шишута А.М.
Асистент Федоров Д. О.

АЛЬТЕРНАТИВНИЙ СПОСІБ ПОДАЧІ ЗАПІРНОЇ ВОДИ ГЦН-317 В УМОВАХ ЗАПРОЕКТНИХ АВАРІЙ

Повна втрата живлення змінним струмом енергоблоку від внутрішніх і зовнішніх джерел, є найнебезпечнішою вихідною подією аварії для будь-якого типу ЯПВУ другого покоління. А це, переважна більшість енергоблоків, які знаходяться в промисловій експлуатації в усьому світі і в Україні. Вихідна подія супроводжується втратою функції тепловідведення до кінцевого поглинача тепла. Тому, без проведення принципів дій по ліквідації аварії, це гарантовано призведе до важкого пошкодження активної зони і ймовірної відмови захисної функції контайменту. Такі дії зводяться в спеціальні протиаварійні інструкції. Важливим аспектом аналізу таких інструкцій, є, виявлення можливих проблем з якими може зіткнутися персонал БЩУ, якщо, наприклад, дії інструкції по відновленню живлення будуть тимчасово безуспішні. Такий стан прийнято називати станом тривалого повного знеструмлення енергоблоку. Однією з довгострокових проблем при виникненні такого стану, є відмова ущільнень блоку ущільнення вала ГЦН, через неминучість, його тривалого перегріву в умовах припинення подачі запірної води, що призводить до виникнення течії з першого контуру.

У режимі нормальної роботи енергоблоку на потужності, для виключення протічки води першого контуру через блок ущільнення вала ГЦН, запірна вода подається живильними агрегатами, системи підживлення-продувки першого контуру. До складу кожного такого агрегату входить: бустерний і основний підживлюючий насоси, а також маслосистема останнього. Охолодження агрегату виконується технічною водою. Очевидно, витримати мінімально необхідні умови експлуатації цих агрегатів, в умовах стану тривалого повного знеструмлення, завдання нездійсненне.

Так як, подача запірної води на ГЦН, важливий етап відновлювальних процесів, що передує загальним діям для стабілізації стану енергоблоку. Була досліджена можливість використання альтернативних насосних агрегатів, перш за все визначених проектом ЯППУ ВВЭР-440, В-213. Критеріями відбору при такому аналізі були:

- простота збірки схеми
- прийнятні робочі характеристики насоса
- відносно невелика потужність електродвигуна

Результати аналізу показали, що такому набору вимог, відповідає група плунжерних кривошипних насосів підсистеми подачі і зберігання борного концентрату. Дана система межує з системою підживлення-продувки 1 контуру, а підготовка вказаних насосів займає мінімум часу. Для живлення електродвигуна даного типу насоса потрібно відносно недорогий мобільний дизель-генератор середньої потужності, що теж є перевагою такого рішення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Ровенская АЭС. Энергоблок № 1. Отчет по анализу безопасности.
2. АЭС с ВВЭР-440. Установка реакторная В-213. Типовая инструкция по эксплуатации. Технологические системы реакторного отделения Часть 1 и 2.

Магістр 5 курсу, гр. ТЯ-51м Яворський А.О.
Асист., к.т.н. Бібік Т.В.

ПЕРЕПРИЗНАЧЕННЯ ЧИСЛА ЦИКЛІВ НАВАНТАЖЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ТА ТРУБОПРОВОДІВ ЯДЕРНОЇ УСТАНОВКИ ЕНЕРГОБЛОКУ №1 ВП ЮУАЕС У НАДПРОЕКТНИЙ ПЕРІОД ДО 60 РОКІВ

З п'ятнадцяти діючих в Україні енергоблоків термін експлуатації трьох вже було продовжено для їх роботи у понадпроектний період. Це енергоблоки №1 і 2 Рівненської АЕС, строк служби яких продовжили на 20 років, та енергоблок №1 Южно-Української АЕС, який працюватиме протягом додаткових 10 років. До 2020 року спливає термін проектної експлуатації ще 9 атомних енергоблоків. Схожа ситуація склалася й у світовій атомній енергетиці, де протягом 2010-2020 рр. приблизно 80% енергоблоків АЕС, вичерпають проектний ресурс. Український уряд планує продовжити строк експлуатації цих реакторів ще на 10-20 років.

Для того, щоб продовжити термін експлуатації АЕС у надпроектний період необхідно провести ряд робіт, що будуть підтверджувати працездатність даної АЕС.

Данна методика встановлює вимоги до виконання робіт з перепризначення допустимої кількості експлуатаційних циклів навантаження обладнання та трубопроводів енергоблоків АЕС. В її основу покладені принципи і методологія перевірочних розрахунків на циклічну міцність відповідно до ПНАЕГ-7-002-86 "Норми розрахунку на міцність обладнання і трубопроводів АЕУ" за наступним граничним станом: виникнення макротріщин при циклічному навантаженні. Згідно із згаданими принципом експлуатація обладнання в проектний/понадпроектний період експлуатації енергоблоку АЕС допускається, якщо виконується умова $a \leq [a_N]$, де a - накопичена утомлююча пошкодження, $[a_N]$ - допустима накопичена утомлююча пошкодження (приймається $[a_N] = 1$).

Перелік посилань:

1. Филатов В.М. Предельные состояния по образованию макротрещин при циклическом нагружении//ВАНТ.- Сер. «Физика и техника ядерных реакторов».- 1978.-Вып. 1 (21).- С. 114-123.
2. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. ПНАЭ Г-7-002-86.- М.: Энергоатомиздат, 1989.
3. http://sstc.kiev.ua/documents/doc/report/report_09.pdf

Студент 4 курсу, гр. ТЯ-21 Яценко М.В.
Асистент Кондратюк В.А.

ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ СПОРУДЖЕННЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО СХОВИЩА ВІДПРАЦЬОВАНОГО ПАЛИВА (ЦСВЯП) В УКРАЇНІ

Щорічно в Україні до БВ (басейнів витримки) на АЕС у середньому вивантажується 546 ВТВЗ (відпрацьованих тепловиділяючих збірок) реакторів ВВЕР-1000 та 168 ВТВЗ реакторів ВВЕР-440. В силу історичних причин в Україною де-факто розпочато заключний етап реалізації ЯПЦ (ядерного паливного циклу), заснований на переробці та зберіганні ВЯП (відпрацьованого ядерного палива) в Росії. ВТВЗ реакторів ВВЕР у відповідності з концепцією, прийнятою в СРСР, підлягало переробці для виділення і послідуючого використання корисних ізотопів. На даний момент реалізація цієї концепції практично зупинилася на різних стадіях, при цьому вартість послуг по проміжному зберіганню та переробці ВЯП в Росії має виражену тенденцію зростати, і може зрости до відміток вищих за світовий рівень цін на дані послуги. Даний факт змушує шукати альтернативні варіанти поводження з ВЯП в Україні.

Київським науково-дослідницьким інститутом "Енергопроект"буловироблено два основних сценарії поводження з ВЯП: "Переробка ВЯП у Росії" та "ЦСВЯП".

Перший включає в себе транспортування ВТВЗ до Росії, де здійснюється його проміжне зберігання. Вивезення здійснюється до закінчення експлуатації діючих на даний момент енергоблоків. ВЯП знаходиться на проміжному зберіганні у Росії до початку роботи переробного заводу. Переробка здійснюється протягом 30 років, починаючи з 2030 року. Переробка включає в себе поховання НАВ (низькоактивних відходів) та САВ (високоактивних відходів), засклування та проміжне зберігання ВАВ (високоактивних відходів). Зберігання ВАВ здійснюється протягом 50 років, після чого вони підлягають поверненню до України[1].

У другому сценарії передбачено, що до введення сховища в експлуатацію, ВЯП будуть транспортуватися до Росії в мінімально можливих кількостях, визначених по повноті заповнення БВ на станціях та наявності вільних чарунок. Вивезене до Росії ВЯП, за всі попередні періоди до моменту ведення ЦСВЯП в експлуатацію, проходить всі стадії проміжного зберігання та переробки згідно з першим сценарієм. Починаючи з моменту введення в експлуатацію ЦСВЯП, вивіз ВЯП з Рівненською, Хмельницької та Южно-Української АЕС в сховище для проміжного зберігання. Відповідно до запропонованого проекту, місткість ЦСВЯП повинна забезпечити розміщення та зберігання 12500 ВТВЗ реакторів ВВЕР-1000 та 4000 ВТВЗ реакторів ВВЕР-440 протягом 100 років. Після проміжного зберігання ВТВЗ у ЦСВЯП здійснюється їх поховання в геологічних формаціях.

Аналіз сценаріїв показав, що сумарні витрати по першому сценарію перевищують витрати по другому сценарію у середньому на 40%. Таким чином, на підставі виконаного аналізу можна зробити висновок, що сценарій зберігання ВЯП в ЦСВЯП в Україні кращий у порівнянні з транспортуванням та зберіганням ВЯП у Росії[2].

У подальшій роботі буде наведена інформація щодо вартості операцій, та будуть запропоновані рішення для подальшого вирішення проблеми поводження ВЯП в Україні.

Перелік посилань:

1. ПНАЭ Г-14-029-91, Правила безпеки при транспортуванні ВЯП (1991).
2. 57-204.201.002.ОЭ 01.01, ТЕОІ ЦСВЯП, т.1, частина 1, Вихідні дані для обґрунтування необхідності і виправданості спорудження ЦСВЯП, Київ, КІЕП, 175 с. (2006).

УДК 621.039.58

Студент 5 курсу, гр. ТЯ-51м Філінюк О.В.

Доцент, к.т.н. Коньшин В.І.

ІМОВІРНІСНИЙ АНАЛІЗ БЕЗПЕКИ З УРАХУВАННЯМ "ПОСТФУКУСІМСЬКИХ" ЗАХОДІВ ДЛЯ РЕАКТОРІВ ВВЕР-1000 (В-320) УКРАЇНИ

На першому місці в атомній енергетиці завжди стоїть питання безпечної експлуатації АЕС. Одним з найбільш ефективних інструментів кількісної та якісної оцінки ймовірності плавлення активної зони енергоблоку реактора по відношенню до всього спектру ВПА являється ІАБ.

Гіпотетично найважчою запроектною аварією для АЕС України може бути повне знеструмлення, що, до речі, сталося на японській АЕС Фукусіма. Тому метою даної роботи є поглиблений аналіз стратегії ліквідації наслідків запроектної аварії «Тривале повне знеструмлення майданчика АЕС з втратою кінцевого поглинача тепла»

Аварія на АЕС Фукусіма показала більшу необхідність використання мобільних насосних установок(МНУ) для вирішення локальних задач контролю аварією з повним знеструмленням АЕС та втратою технічної води відповідних споживачів.

Основна науково-технічна ідея роботи полягає у оцінці впливу на безпеку АЕС стратегії ліквідації запроектної аварії, викликаної тривалим повним знеструмленням енергоблоків на майданчику АЕС з відмовою усіх джерел змінного струму і втратою кінцевого поглинача тепла.

Для виконання даної задачі був проведений збір вихідних даних для моделювання. Після чого необхідно зробити моделювання концепції модернізації ліквідації запроектної аварії. Виконати імовірнісний аналіз безпеки 1-го рівня внутрішніх ВПА з врахуванням МНУ. Провести порівняльний аналіз розрахованої моделі ІАБ з діючою моделлю ІАБ 1-го рівня внутрішніх ВПА В-320(які зміни сумарної ЧПАЗ та сумарної ЧПАВ відбудуться)

Перелік посилань:

1. Попередній звіт з аналізу безпеки стратегії ліквідації аварії на АЕС Фукусіма в липні 2014

СЕКЦІЯ №2

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

ВПЛИВ ТЕПЛОНОСІЯ ТА ЙОГО КІЛЬКОСТІ НА РОБОЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАНАВЧАТИХ ТЕПЛОВИХ ТРУБ

З кожним роком теплові труби викликають все більший інтерес у вчених, конструкторів та інженерів в областях техніки, де є необхідність здійснювати інтенсивний тепловідвід, регулювати теплові потоки. За роки дослідження теплових труб накопичився великий об'єм інформації з різних аспектів конструювання, випробовування та застосування цих пристроїв [1].

Деякі роботи вже застаріли, інші, навпаки, підтвердженні експериментально і отримали подальший розвиток. З кожним роком з'являється все більше оригінальних конструкторських ідей, відбувається їх практична перевірка та впровадження в техніці. Отже, наявний теоретичний та експериментальний матеріал необхідно уточнювати та доповнювати.

В даній роботі досліджуються алюмінієві профільні теплові труби з канавчатою структурою. Такі труби відрізняються відносно низьким термічним опором, високою надійністю, невеликою масою.

Основна задача експериментальних досліджень – показати вплив маси заправки та кута нахилу на теплотехнічні характеристики (максимальний тепловий потік та термічний опір) канавчатих алюмінієвих теплових труб, що працюють в режимі термосифону. Кут нахилу суттєво впливає на теплопередаючі властивості, особливо при малих його значеннях. На рис. 1 показано залежність термічного опору R від теплового потоку Q при різних масах заправки та кутів нахилу. На рис. 2 представлено залежність максимального теплового потоку від кута нахилу.

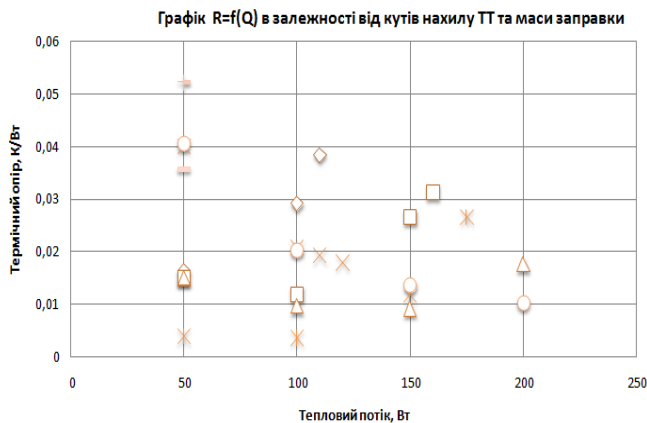


Рисунок 1 – Графік залежності $R=f(Q)$

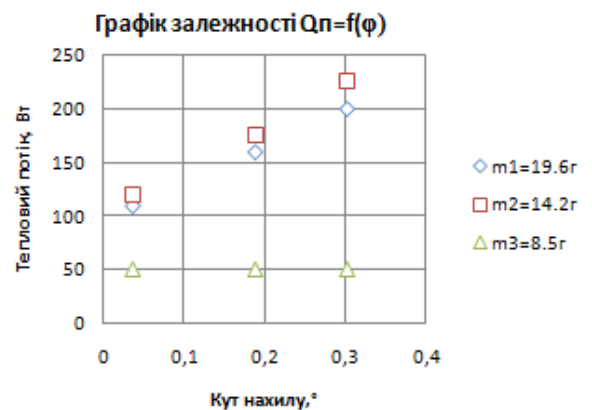


Рисунок 2 – Графік залежності $Q_{п}=f(\phi)$

Перелік посилань:

1. Ивановский М.Н., Физические основы тепловых труб [Текст] / Сорокин В.П., Ягодкин И.В. – Москва: Атомиздат, 1978. – 255 с.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ В АЛЮМІНІЄВИХ ПРОФІЛЬНИХ ТЕРМОСИФОНАХ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ КАПЛЯРНОЇ СТРУКТУРИ

У зв'язку з підвищенням цін на енергоносії і погіршенням екології важливим завданням сьогодення є пошук альтернативних джерел енергії, здатних замінити дорогий природний газ і нафтопродукти. Одним з перспективних напрямків є використання сонячної енергії для теплопостачання та електрифікації житлових об'єктів. На даний момент це здійснюється в основному за рахунок використання теплових сонячних колекторів (СК) і фотоелектричних батарей. Більшість сонячних колекторів використовують мідні теплові труби, проте алюмінієві теплові труби мають меншу вагу і вартість. До того ж, використання алюмінієвих профільних термосифонів дозволяє вирішити одну з основних проблемданих пристроїв, а саме забезпечення якісного контакту оболонки труби з теплопоглинальною поверхнею завдяки виготовлення профілю методом екструзії [1]. При цьому корпус і робоча поверхня представляють собою цільну конструкцію.

Термосифони з відкритими поздовжніми капілярними канавками на внутрішній поверхні стінки корпусу відрізняються простотою виготовлення та високою теплопередавальною здатністю, але мають схильність зриву рідини паровим потоком. Прохідний перетин каналів може мати різну форму: прямокутну, трапецієподібну, трикутну, напівкруглу, Ω -подібну та ін. Використання в АПТ канавчастої структури дозволяє інтенсифікувати процеси теплообміну в зоні випаровування за рахунок збільшення площі внутрішньої поверхні термосифону, а також дає можливість розділити паровий та рідинний потоки.

На ефективну роботу АПТ впливає ряд факторів: кут нахилу, теплоносій, коефіцієнт заправки, форма та розміри канавки, діаметр парового каналу і ін.

Шляхом експериментальних досліджень встановлено вплив кута нахилу на теплотранспортну здатність термосифону для різних типів конструкцій, а саме для АПТ з зовнішнім діаметром 8, 10 та 12,5 мм. Отримано порівняльні залежності максимального теплового потоку для наведених вище конструкцій термосифонів з прямокутною, Ω -подібною формою канавки і без канавчастої структури. На основі проведеного аналізу отриманих даних обрано теплоносій та визначено оптимальний коефіцієнт заповнення.

Встановлено, що найкращі характеристики має АПТ з аміаком. Теплотранспортна здатність АПТ з аміаком на 40% краще ніж з пентаном та на 27% краще ніж з ацетоном, проте в якості теплоносія рекомендовано використовувати пентан, який працює в діапазоні температур від -15°C до 130°C і не є токсичною рідиною чи прекурсором порівняно з аміаком та ацетоном. Рекомендовано використовувати в термосифонах канавчату структуру, яка може бути виготовлена у вигляді Ω -подібних канавок, так як вона має відмінні характеристики та найменш схильна до зриву рідини паровим потоком завдяки своїй формі.

Перелік посилань:

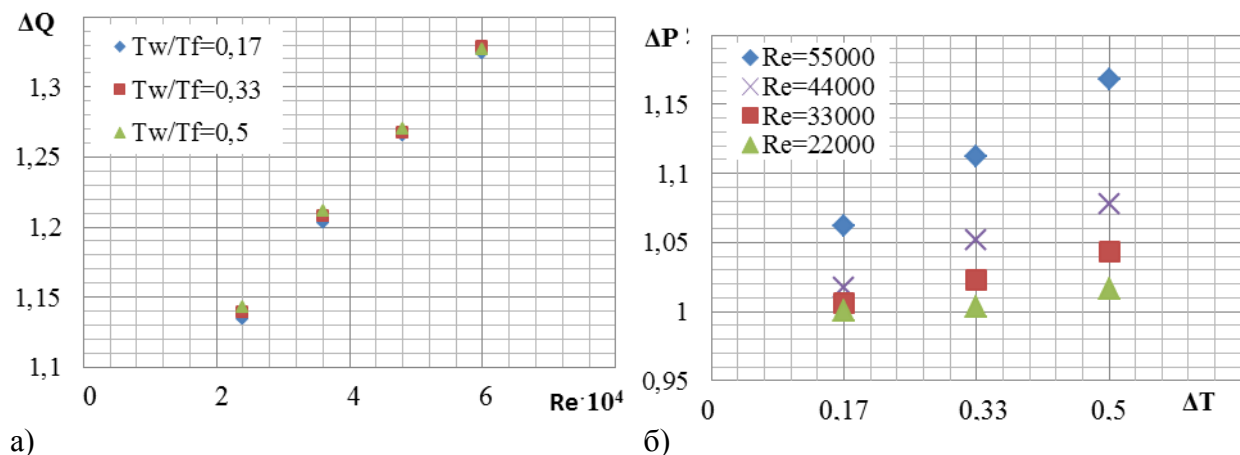
1. Sergii Khairnasov. Solar Collectors of Buildings Facade Based on Aluminum Heat Pipes with Colored Coating /Sergii Khairnasov, Boris Rassamakin, Rostyslav Musiy, Andrii Rassamakin.// Journal of Civil Engineering and Architecture. -Volume 7, No. 4 (Serial No. 65), April 2013, pp. 403-409

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

УПРАВЛІННЯ ВИХРОВИМ ТЕПЛОМАСООБМІНОМ В ЕЛЕМЕНТАХ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Управління вихровим теплообміном дозволяє інтенсифікувати процеси тепловіддачі шляхом зміни гідродинамічних характеристик потоку та досягти оптимального співвідношення між інтенсивністю тепломасопереносу та супутніми гідравлічними втратами. Застосування структурованих поверхонь, як одного із способів управління потоком, дає можливість стабілізувати або дестабілізувати течію за рахунок утворення вихрових структур. На даний момент в літературі [1, 2] досить активно обговорюється проблема ефективного управління вихровим потоком з метою збільшення теплообміну. Але, разом з тим, немає єдиної точки зору на механізм інтенсифікації при обмеженні енерговитрат.

У зв'язку з цим поставлена та розглядається задача конвективного теплообміну на структурованих гофрованих поверхнях. В розглянутому діапазоні чисел Рейнольдса були виявлені наступні тенденції. Тепловий потік через трубу з гофрованою вставкою був більший ніж тепловий потік через гладку стінку за рахунок збільшення площі теплообмінної поверхні та додаткової турбулізації потоку (рис. 1, а). Із збільшенням швидкості потоку інтенсифікувалися процеси тепловіддачі у 1,13-1,33 рази. Чим вища була швидкість теплоносія, тим більша була різниця між кількістю теплоти, переданої через гладку трубу і теплоти, переданої через гофровану поверхню.



а – відношення теплових потоків, в залежності від Re ;

б – відношення гідравлічного опору від $\Delta T = T_w/T_f$

Рисунок 1 – Відношення теплових і гідравлічних параметрів гофрованої труби до гладкої

Водночас при розвиненні теплообмінної поверхні за рахунок гофрування збільшуються і затрати на прокачку теплоносія у 1,02-1,18 раз (рис. 1, б), обумовлені додатковим завихренням потоку.

Перелік посилань:

1. Sreedhara Rao, B. Effect of corrugation angle on heat transfer studies of viscous fluids in corrugated plate heat exchangers [Текст] / B. Sreedhara Rao, Surywanshi Gajanan D, S. Varun etc. // International Journal of Engineering and Technology Innovation.— 2015.— Vol.5, №2.— pp. 99—107.
2. Халатов, А.А. Теплогідравлическая эффективность плоских каналов с поверхностными генераторами вихрей и выступами [Текст] / А. А. Халатов, В. Н. Онищенко, А.С. Коваленко // Промышленная теплотехника.—2006.—Т.28,№6.—С. 5—14.

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУХФАЗНЫХ ТЕРМОСИФОНОВ

Двухфазные термосифоны являются разновидностью тепловых труб, в которых отсутствует капиллярно - пористая структура. Процесс теплопередачи в термосифоне является сложным и зависит от многих факторов. Теплопередающие характеристики термосифона зависят как от режимных параметров (величина теплового потока, температура охлаждающей жидкости в зоне конденсации), так и от геометрических характеристик (общей длины, внутреннего диаметра, длины зон нагрева и конденсации) [1]. Основными параметрами двухфазных термосифонов являются минимальное термическое сопротивление R_{min} и максимальный тепловой поток Q_{max} .

Целью этого исследования является определение геометрических параметров, влияющих на теплопередающие характеристики двухфазных термосифонов, а именно на величину термического сопротивления R и теплового потока Q термосифона с внутренним диаметром $5 \cdot 10^{-3}$ м и длиной 0,7 м, заправленный метиловым спиртом. Термосифон располагался вертикально ($\varphi = +90^0$).

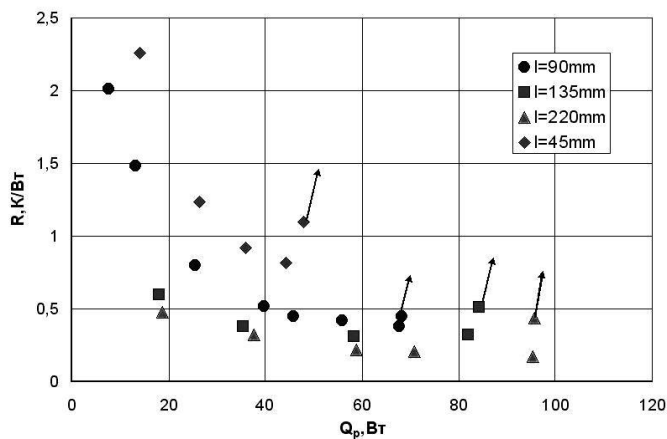


Рисунок 1 – Влияние длины зоны нагрева на термическое сопротивление

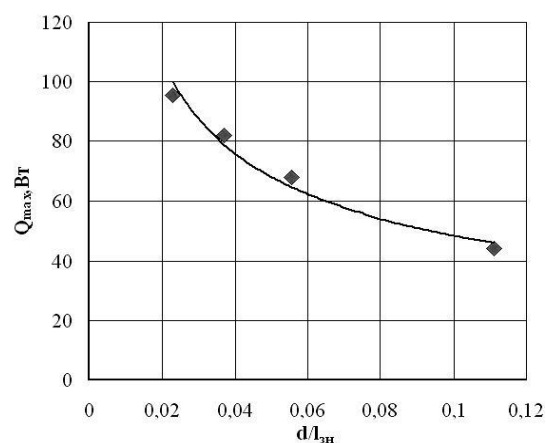


Рисунок 2 – Влияние длины зоны нагрева на максимальный тепловой поток

Из рис.1 видно, что с увеличением размеров длины зоны нагрева термическое сопротивление растет, а тепловой поток уменьшается. Это объясняется увеличением давления внутри термосифона, что приводит к увеличению центров парообразования. При этом скорость движения пара от зоны нагрева в зону конденсации увеличивается. Это приводит к увеличению гидравлического сопротивления в адиабатной зоне между паром и стекающей пленкой конденсата, что влияет на величину отводимого теплового потока Q , что передается.

Определяющим также является отношение внутреннего диаметра к длине зоны нагрева. В диапазоне исследуемых параметров получена зависимость $Q_{max} = f d/l_{zn}$:

$$Q_{max} = 15,7 d/l_{zn}^{-0,5}.$$

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.

ЛОКАЛЬНИЙ ТЕПЛОБМІН ПЛОСКО-ОВАЛЬНОЇ ТРУБИ З НЕПОВНИМ ПОПЕРЕЧНИМ ОРЕБРЕННЯМ

Підвищення інтенсивності тепловіддачі різноманітними конструктивними методами – завжди було актуальним наукомістким та практично орієнтованим завданням. Вибір раціональної поверхні нагріву теплообмінного пристрою можливий тільки на основі сумісного рішення питання тепловіддачі і аеродинамічного опору. На даний час несними ребрення в основному використовуються труби круглого поперечного перетину. Використання профільованих плоско-овальних ребрених труб, у яких поперечні ребра розташовані на бічних плоских частинах плоско-овальної основи, зв'язано з прагненням зменшення аеродинамічного опору трубних пакетів. За рахунок підвищення швидкості теплоносія для пакетів зручнообтійної форми труби зростає інтенсивність теплообміну, що призводить у цілому до підвищення енергетичної ефективності теплообмінного устаткування [1].

Плоско-овальні сталеві труби з ребренням на бічних плоских поверхнях (рис. 1) виготовляються контактним приварюванням плоских сталевих ребер до плоско-овальних гладких труб. Такий спосіб виготовлення забезпечує надійний термічний контакт між ребрами й несною трубою.



Рис. 1. Плоско-овальна труба з неповним ребренням

Найбільша кількість спроб вивчення фізичного механізму процесів переносу в поперечно-ребрених трубах присвячена дослідженню закономірностей їх локальної тепловіддачі. Так як вони характеризуються відносно широким спектром методів вимірювання α -полів та умов проведення експерименту. Дослідження фізичних механізмів процесів в поперечно-ребрених поверхнях залишається обмеженим, а їх результати не дозволяють сформулювати єдину картину механізму переносу.

Дані з локального теплообміну носять суперечливий характер. Це відноситься до різного розподілу інтенсивності тепловіддачі по висоті ребра, в першу чергу у основи ребра, в другу – у його вершини при однакових режимних умовах.

В даній роботі були проведені дослідження спрямовані на створення фізичної моделі локального теплообміну на поверхні плоско-овальної поперечно-ребреної труби. Досліди проводилися на експериментальній установці, що представляє собою аеродинамічну трубу розімкнутого типу прямокутного перетину. Експерименти проведені для чисел Рейнольдса $Re = 25000; 37000; 50000$.

При проведенні експериментів q -поле вимірювалось за допомогою датчика теплового потоку, який був розроблений і виготовлений інститутом технічної теплофізики НАН України, а поле температур – за допомогою мідь-константанових термопар. Сигнал датчика і термопар через АЦП TRITON 6004 ТС передавався на персональний комп'ютер і фіксувався.

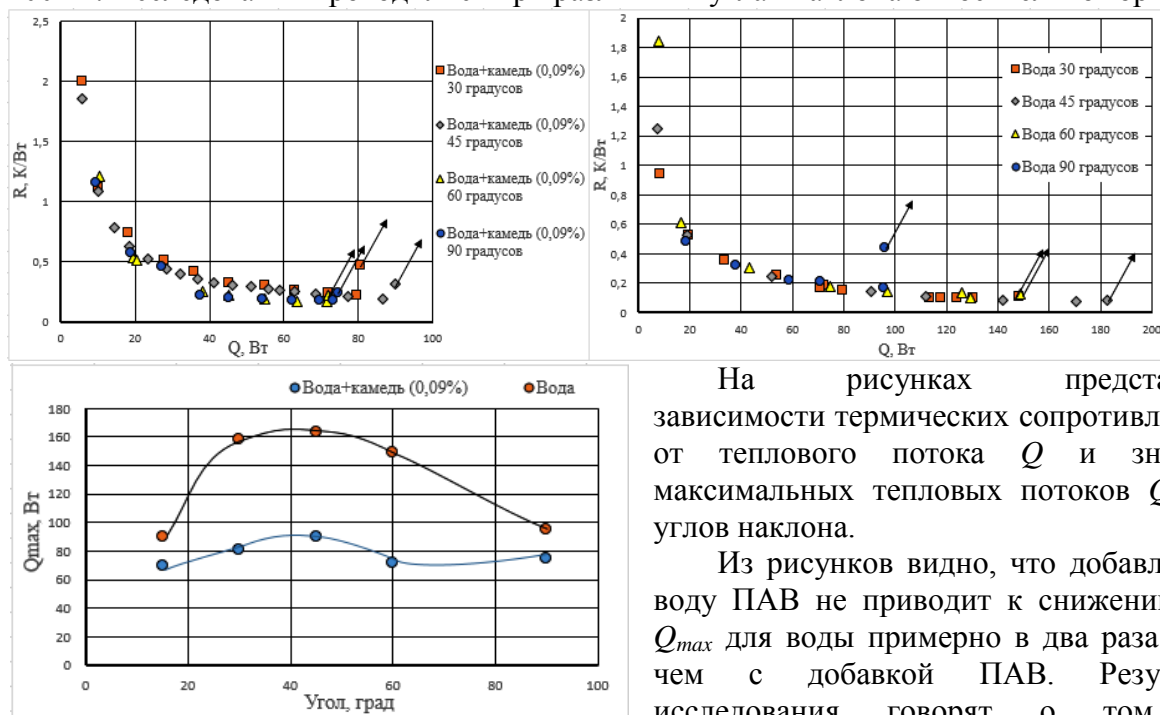
Перелік посилань:

1. Письменный, Е. Н. Теплообмен и аэродинамика пакетов поперечно-ребренных труб [Текст] / Е. Н. Письменный. – Киев: Альтерпрес, 2004. – 244 с.

ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУХФАЗНЫХ ТЕРМОСИФОНОВ С НАНОЖИДКОСТЬЮ

Миниатюризация приборов и оборудования с одновременным увеличением их энергопотребления приводят к значительному росту выделяемых тепловых потоков, что, в свою очередь, стимулирует разработку новых, более эффективных методов охлаждения. Интенсификация процессов теплообмена - одна из важнейших проблем современной промышленности и энергетики. Для улучшения теплофизических свойств традиционных теплоносителей используют введения в них наночастиц, в качестве которых используются оксиды алюминия, меди, углеродные нанотрубки и др.[1,2]. Исследования показали, что наножидкости (НЖ) обладают рядом уникальных свойств. Это, прежде всего высокие критические плотности тепловых потоков при кипении, что существенно повышает теплопередающие характеристики систем охлаждения.

Для стабилизации наножидкостей обычно используют различные поверхностно активные вещества (ПАВ). Здесь представлены первичные результаты исследования теплопередающих свойств термосифонов диаметром 6мм и длиной 700мм заправленных водой и смесью воды с ПАВ (ксантановая камедь). Коэффициент заполнения (отношение объема теплоносителя к объему зоны нагрева) составлял 0,44. Длина зоны нагрева – 200мм. Исследования проводились при различных углах наклона относительно горизонта.



На рисунках представлены зависимости термических сопротивлений R от теплового потока Q и значения максимальных тепловых потоков Q_{max} от углов наклона.

Из рисунков видно, что добавление в воду ПАВ не приводит к снижению R , а Q_{max} для воды примерно в два раза выше, чем с добавкой ПАВ. Результаты исследования говорят о том, что

добавление в воду ПАВ не повышает теплопередающие свойства термосифонов. Поэтому необходимо искать оптимальные концентрации ПАВ для дальнейшей стабилизации НЖ.

Список литературы

1. Терехов В.И. Механизм теплопереноса в наножидкостях: современное состояние проблемы Ч.1/ В.И. Терехов, С.В. Калинина, В.В. Леманов //Теплофизика и аэромеханика. – 2010. – том 17. – №1.
2. Бондаренко Б.И. Наножидкости для энергетики: влияние стабилизации на критический тепловой поток при кипении/ Б.И.Бондаренко, В.Н. Морару, С.В. Сидоренко, Д.В. Комыш, А.И. Ховавко // Письма в ЖТФ. – 2012. – том 38. – вып. 18 – с. 68 – 77.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ТЕЧІЇ ПОВІТРЯ В КАНАЛІ З СІТЧАСТИМИ СТІНКАМИ

Вивченню контактної конденсації присвячено цілий ряд робіт [1]. Аналіз яких свідчить, що застосування сітчастих чи пористих матеріалів інтенсифікує процеси тепло- і масообміну. Сітчаста насадка має розвинену питому поверхню контакту та відрізняється технологічністю виготовлення. Застосування сітчастих поверхонь у якості насадок дозволить знизити металоємність протитоккових насадкових теплообмінних апаратів. Очевидно, що розробка ефективних теплообмінних поверхонь даного типу є складним завданням, для вирішення якого крім традиційних досліджень теплообміну і аеродинамічного опору необхідне вивчення гідродинамічної структури потоку шляхом вимірювань термоанемометричних характеристик турбулентності



Рис. 1 Робоча ділянка аеродинамічної труби (а), термоанемометрична система DISA 55M (б) та елемент сітчастої поверхні (в): 1 – сітчасте покриття; 1 – датчик

Дослідження проведено в аеродинамічній трубі прямокутного перерізу, робочий канал якої містив координатний пристрій (рис. 1, а) необхідний для переміщення датчика термоанемометра DISA 55M (рис. 1, б). На внутрішній стінці каналу методом контактного зварювання закріплювалась сітка висотою 0,5 м і шириною 0,05 м з розміром вічка 0,5 мм (рис. 1, в). Експерименти проводилися в діапазоні швидкостей набігаючого потоку $w_H = 5\text{--}10$ м/с при обдуванні поверхні і температурі повітряного потоку 20...25 °С.

Результати вимірювань представлені у вигляді наступних розподілів:

- відносних середніх за часом швидкостей по висоті каналу $w/w_H = f(z/h)$ при фіксованих значеннях x/L ;
- середньоквадратичних пульсацій швидкості по висоті каналу $w'/w = f(z/h)$ при фіксованих значеннях x/L .

Отримані розподіли швидкостей по висоті каналу підтверджують прискорення течії поблизу сітчастої поверхні. Іншими словами, профіль швидкості асиметричний: при $x/L = 0,046$ швидкість потоку на ~21% вище, ніж на відстані $x/L = 0,046$ від сітчастої поверхні. При цьому по висоті ребра профіль швидкості також вирівнюється у міру віддалення від входу в канал.

Перелік посилань:

1. Дикий М.О. Тепломасообмін за адіабатного зволоження повітря в сітчастому каналі / М.О. Дикий, І.М. Кузьменко // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2004. – №1.– С.32-37.

ТЕРМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ГРАВИТАЦИОННОЙ ТЕПЛОВОЙ ТРУБЫ С РЕЗЬБОВИДНОЙ КАПИЛЛЯРНОЙ СТРУКТУРОЙ

Одним из недостатков энергоэффективных источников света – мощных светодиодов является существенная зависимость светового потока и надежности от температуры, что требует применения эффективных систем охлаждения. В системе охлаждения светодиодного осветительного прибора [1] в качестве теплопередающих элементов используются гравитационные тепловые трубы (ГТТ) с капиллярной структурой (КС) в виде продольных Ω -образных канавок. Однако получение такой КС возможно только в условиях специализированного производства. В связи с этим актуальной является задача разработки и исследования ГТТ с более простой конструкцией КС.

В докладе приводятся результаты экспериментального исследования термического сопротивления ГТТ с резьбовидной капиллярной структурой и, для сравнения, термосифона одинаковых размеров с гладкой поверхностью стенки в зоне испарения (см. рис. 1). Внешний диаметр ГТТ и ТС – 12 мм, внутренний – 10 мм, шаг резьбы – 0,5 мм. Длина ГТТ и ТС – 830 мм, длина зоны испарения – 50 мм, длина зоны конденсации – 520 мм. Теплоноситель – хладон 141b.

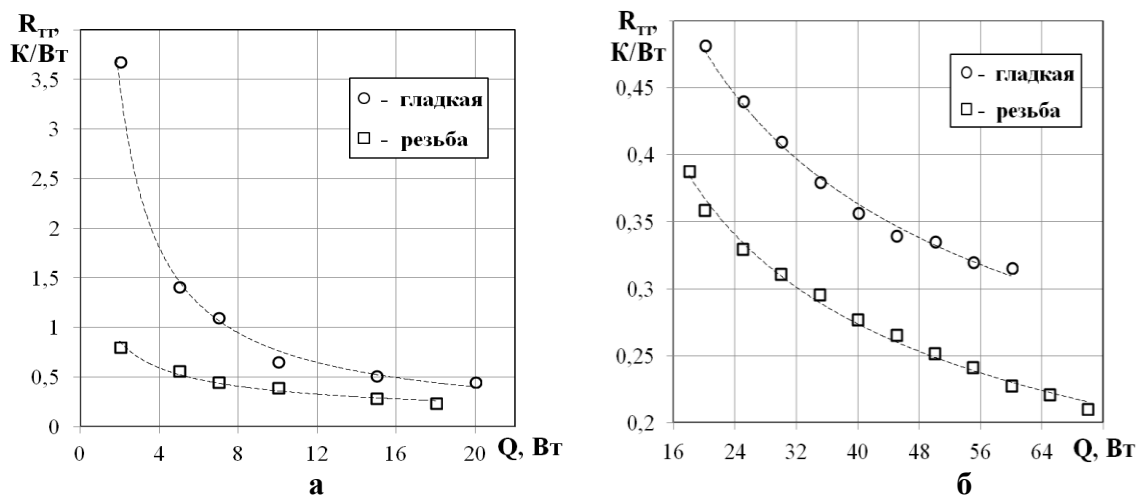


Рисунок 1 – Зависимость термического сопротивления $R_{ТТ}$ ГТТ и ТС от передаваемого теплового потока Q в условиях охлаждения зоны конденсации естественной (а) и вынужденной (б) конвекцией воздуха

Из рисунка 1 видно, что термическое сопротивление ГТТ с резьбовидной капиллярной структурой в 4,4 – 2,0 раза (при естественной конвекции) и в 1,2 – 1,3 раза (при вынужденной конвекции) меньше, чем у термосифона одинаковых размеров.

Перелік посилань

1. Патент № 81688, Україна, МПК (2013.01) F21S 8/00, F21V 7/00, F21V 29/00. Світлодіодний освітлюваний пристрій // НТУУ «КПІ» / Ю.Є. Ніколаєнко, Б.М. Рассмакін, С.М. Хайрнатов. Опубл. 10.07.2013. Бюл. № 13.

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА КРИЗИС ТЕПЛООБМЕНА ПРИ КИПЕНИИ В АЛЮМИНИЕВЫХ КАНАВЧАТЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБАХ

На сегодняшнее время многое современное теплообменное оборудования не соответствуют требованиям по массе, легкости монтажа и установки, универсальности, масштабируемости и автономности. Так, например, технология строительства зданий с низким энергопотреблением требуют использования методов и систем с минимальными энергозатратами [1]. Если ставить задачу создания пассивных систем теплопереноса, то использование термосифонов (ТС) и тепловых труб (ТТ) открывает широкие возможности для решения проблем теплопередачи в новых энергоэффективных решениях. Технология ТС и ТТ известна достаточно давно.

Внедрение ТС и ТТ в энергосберегающих системах, как автономных и эффективных устройств, быстро развивается. Хорошие перспективы открывают алюминиевые канавчатые тепловые трубы (АКТТ). Они имеют отличные возможности для теплопередачи, высокую эффективность и часто конструктивную простоту. Кроме того, они абсолютно автономные системы и не имеют механических движущихся частей. Но до настоящего времени для эффективного их использования необходимо в достаточной мере исследовать процессы происходящие в них. Особое внимание нужно уделять параметрам, которые определяют условия работы и влияют на теплообменные процессы в ТТ.

В данной работе приводятся экспериментальные данные по влиянию давления или температуры насыщенных паров пентана на кризис теплообмена при кипении в алюминиевых канавчатых тепловых трубах. На их основании получены эмпирические зависимости по определению интенсивности теплообмена и критических тепловых потоков при кипении пентана в алюминиевых канавчатых тепловых трубах в зависимости от давления насыщенных паров в пределах (0,1...0,4) МПа.

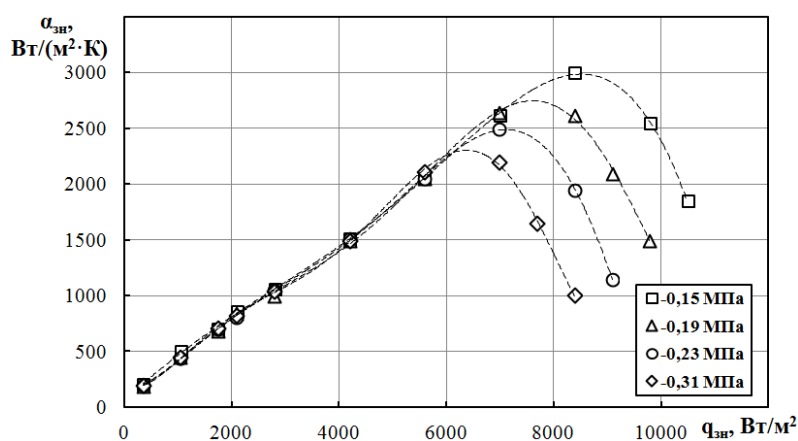


Рисунок 1 – Зависимость интенсивности теплообмена в зоне нагрева АКТТ от подведенной плотности теплового потока при различном давлении насыщенных паров

На рис. 1 представлены результаты экспериментальных исследований АКТТ. Видно, что с увеличением давления раньше проявляются кризисные эффекты, что этим самым приводят к изменению интенсивности теплообмена в зоне нагрева АКТТ.

Перелік посилань:

[1] D.A. Reay, P.A. Kew. Heat Pipes. Fifth edition 2006. – 374 p.

ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНСОЛЯЦІЇ

Розробка технічних рішень щодо теплозабезпечення на основі сонячної радіації є перспективним напрямком. У порівнянні з такими відновлювальними джерелами енергії, як вітрова енергетика, біоенергетика та геотермальна енергетика внесок сонячної енергії є істотним. Але у зв'язку зі змінами клімату на сьогоднішній день дані про інтенсивність сонячного випромінювання потребують уточнення, тому важливим є вимірювання фактичного надходження сонячної радіації на поверхню будівлі для врахування величини інсоляції.

Існує велика кількість різноваріантних конструкцій приладів для вимірювання радіаційної складової опромінення будівель та споруд [1]. Кожен з цих приладів не забезпечує необхідну точність для вирішення поставленої задачі, так як має низку недоліків, таких як: неможливість проводити виміри інтенсивності сонячного випромінювання, що падає на поверхні будівель, орієнтовані за різними сторонами світу; залежність показників від кліматичних умов навколишнього середовища; відсутність системи примусового охолодження та теплостоку. Саме тому було вирішено розробити нову конструкцію приладу, що належить до актинометричної групи та має назву піранометр «СР-М1».

Експериментальну установку для досліджень інсоляції було розроблено та спроектовано в Інституті Технічної Теплофізики НАН України, Київ [2]. В основу даного піранометра покладена задача щодо вдосконалення вимірів інсоляції, позбавлення від вищезазначених недоліків, що дозволить підвищити якість довгострокового безперервного моніторингу інтенсивності сонячного випромінювання, що досягає поверхні землі; та накопичення даних вимірювань надходження сонячної енергії на поверхню будівлі або споруди.

Перелік посилань:

1. Басок Б. І., Воробйов Л. Й., Гончарук С. М., Декуша Л. В., Чорна Н. О. Прилад для дослідження надходження сонячної енергії на похилий геліоколектор / Б. І. Басок, Л. Й. Воробйов, Л. В. Декуша, Н. О. Чорна // Стаття періодики – К.: Промислова теплотехніка, 2013. Вип. Т.35 – С.5.
2. Басок Б. І. Прилад для вимірювання інсоляції будівель та споруд / Б. І. Басок // Будівельні конструкції. Енергозбереження у будівництві. Сучасні конструктивні системи, ефективні матеріали та інженерне обладнання – 2013. – Вип. 77 – С. 55 – 59

РОЗРОБКА І ВЕРИФІКАЦІЯ CFD-МОДЕЛІ ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТУ

Теплообмінні апарати відіграють важливу роль в енергетичній галузі. Підвищенню компактності і суттєвого зменшення металоемності теплообмінників Існує проблема, що є актуальною на сьогоднішній день і буде актуальною і в далекому майбутньому. Підвищення ефективності теплообмінників – це комплексна проблема, що містить питання пошуку оптимального співвідношення між теплообміном і втратами на прокачування теплоносія крізь теплообмінні поверхні, економічного обґрунтування оптимальності вибору характеристик теплообмінного пристрою, а також врахування технологічних і виробничих вимог [1, 2].

Такі проекти можна виконати за допомогою як експериментальних так і числових методів або шляхом їх сумісного використання. Найбільш сприйнятливими є експериментальні методи дослідження, але через існуючий в Україні і Світі дефіцит паливно-енергетичних і сировинних ресурсів на перший план виходять числові методи. Метод прогнозування оптимальних характеристик теплообмінного обладнання засобами CFD-моделювання з подальшим експериментальним дослідженням одного дослідного зразка, побудованого на базі рекомендацій CFD-моделі, все частіше застосовується в науковій і інженерній практиці.

Враховуючи актуальність поставленої задачі, в НТУУ «КПІ» розроблені CFD-моделі теплообмінної секції теплообмінника засобами програми ANSYS-FLUENT [3] з метою визначення нових теплогідравлячних залежностей, міцносних якостей і визначення конструктивних характеристик теплообмінного апарату в цілому. Це дозволить після попередньої верифікації з експериментальними даними і тестовими задачами розширити діапазони режимних і геометричних параметрів теплообмінного апарату, а також отримати фізичні схеми течії в його поверхнях нагріву, які дозволять пояснити механізм інтенсифікації теплообміну.

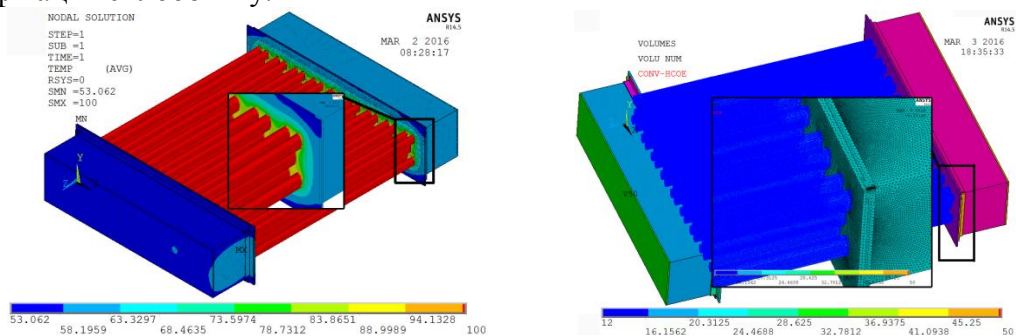


Рис. 1. Результати моделювання поля температур (а) теплообмінного апарату засобами програмного комплексу ANSYS-FLUENT і його скінченно-елементна модель (б)

Перелік посилань:

1. Дрейцер Г.А. Критический анализ современных достижений в области интенсификации теплообмена в каналах / Г.А. Дрейцер // Интенсификация теплообмена: Тр. Второй Рос. нац. конф. по теплообмену. М.: Изд-во МЭИ. 1998. Т.6. С. 91 – 98.
2. Мигай В.К. Повышение эффективности современных теплообменников / В.К. Мигай. – Л.: «Энергия», 1980. – 144 с.
2. Бруяка В.А. Инженерный анализ в Ansys Workbench: Учеб. пособ. / В.А. Бруяка, В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова, Н.А. Глазунова, И.Е. Адеянов. – Самара: Самар. Гос. Техн. Ун-т, 2010. – 271 с.: ил.

СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВЕРХНІ З ПОХИЛИМИ ОТВОРАМИ

В лопатках газових турбін застосовуються системи плівкового охолодження з метою підвищення температури основного потоку газу, що дозволяє підвищити ефективність роботи газової турбіни. При плівковому охолодженні повітря подається на поверхню лопатки через отвори різного типу та форми, в результаті чого на поверхні профіля утворюється тонкий шар холодного повітря. Одним з найефективніших методів зовнішнього охолодження лопаток є система плівкового охолодження.

Попередні дослідження схем плівкового охолодження показали, що велику цікавість представляє схема з подачею охолодження через парні похилі отвори. Дана конфігурація забезпечує високу ефективність охолодження та має нескладну технологію виготовлення.

Проведення фізичного моделювання системи охолодження пластини було реалізовано на експериментальній установці в ІТТФ. Експеримент проведений для нетурбулізованого безградієнтного повітряного потоку. Для порівняння використовувалися дані роботи [1] для традиційної дворядної системи похилих ($\alpha = 30^\circ$) циліндричних отворів з таким же кроком $t/d = 4$, $d = 3,2$ мм, $t = 12,8$ мм, $t_1 = 10$ мм (рис. 1).

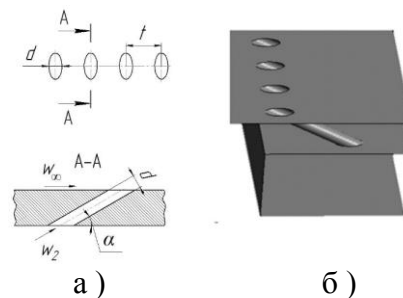


Рис. 1а - Схема парних отворів; б - геометрична модель системи охолодження

В цілому, виконане дослідження і аналіз показали істотно різну структуру потоку за системою парних похилих і традиційних отворів. При використанні даної технології плівкового охолодження відбувається перетворення «ниркових» вихрів і формування анти ниркової вихрової структури з поперечним розтіканням охолоджувача близько до поверхні, що перешкоджає надходженню зовнішнього потоку до охолоджувальної стінки.

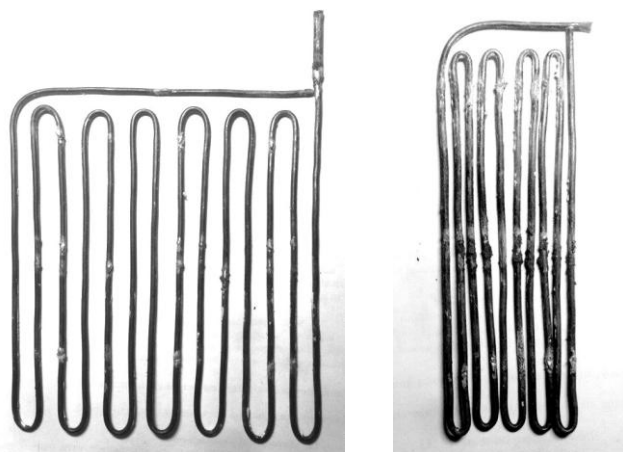
Результати дослідження показали, що досліджена схема парних отворів становить практичний інтерес для використання в системі зовнішнього охолодження лопаток ГТУ та елементів енергетичних установок. Створення даної фізичної моделі та проведення експериментів викликає великі труднощі та є досить затратним. Саме тому доцільно було виконано числовий експеримент за допомогою математичного моделювання у програмному комплексі ANSYS, який зможе краще продемонструвати результати дослідження ефективності плівкового охолодження в умовах максимально наближених до реальних та проаналізувати вплив закрученості та неізотермічності потоку.

Перелік посилань:

1. Халатов А.А. Пленочное охлаждение плоской поверхности системой парных отверстий: влияние внешней турбулентности и ускорения потока/ Халатов А.А., Панченко Н.А., Борисов И.И. и др. // Теплофизика и аэромеханика. – 2014. – Т. 21, №5. – С. 571-578.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПУЛЬСАЦИОННЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ НА ИХ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Развитие радиоэлектронной аппаратуры направлено на постоянное уменьшение размеров параллельно с повышением мощности, в частности вычислительной мощности, если говорить о процессорах ПК. Выделяемую теплоту необходимо эффективно утилизировать, учитывая величины удельных тепловых потоков, а также ограниченность пространства для расположения систем охлаждения, создание последних является сложной задачей. Разрабатывая такие системы охлаждения, все чаще используют высокоэффективные теплопередающие устройства как тепловые трубы. Одним из наименее изученных видов являются пульсационные тепловые трубы [1]. Их отличает простота изготовления, следствием чего есть относительно невысокая стоимость. Основные параметры, которые влияют на теплопередающие характеристики ПТТ это: внутренний диаметр канала, количество витков, ориентация в пространстве и др. Для исследования теплопередающих характеристик ПТТ при изменении количества витков, теплофизических свойств теплоносителей и ориентации в пространстве было изготовлено 2 образца ПТТ (рис.1), параметры которых приведены в таблице 1.



Образец 1

Образец 2

Рисунок 1 – Экспериментальные образцы ПТТ

Таблица 1 – Параметры образцов ПТТ

№ образца	1	2
Количество витков, шт	7	5
Длина петли, мм	130	130
Внутренний диаметр, мм	1	1
Материал	Медь	Медь
Теплоносители	Метанол, Фреон 141	Метанол, Фреон 141

Проведенные исследования подтвердили существенную зависимость теплопередающих характеристик ПТТ от ее ориентации в пространстве, количества витков и свойств теплоносителя [2].

Перелік посилань:

1. Алексеев Е.С., Кравец В.Ю. Система отвода теплоты от теплонагруженных элементов РЭА на основе пульсационной тепловой трубы. // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2013. – №1. – С.19-24
2. Zirong Lin. Heat transfer characteristics and LED heat sink application of aluminum plate oscillating heat pipes. / Zirong Lin, Shuangfeng Wang, Jiepeng Huo, Yanxin Hu, Jinjian Chen, Winston Zhang, Eton Lee // Applied thermal engineering. – 2011. – №31. – P. 2221-2229

УДК 536.248.2; 628.941.8

Магістрант 6 курсу, гр. ТФ-41м Мельник Р.С.

Пр.н.співр., д.т.н. Николаенко Ю.Е.

НОВАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ СВЕТОДИОДНЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Современное развитие науки и технологий в области создания светодиодов (СД) привело к созданию новых мощных СД [1] и высокоэффективных систем освещения на них. Надежность и световые характеристики СД существенно зависят от их теплового режима. В связи с этим, актуальной задачей является разработка эффективных систем охлаждения СД в составе осветительного прибора. С этой целью предложена новая система охлаждения мощного осветительного прибора на основе светодиодной матрицы СХА3050 и оребренной пульсационной тепловой трубы (ПТТ). Для оценки теплового режима СД выполнено предварительное компьютерное моделирование системы охлаждения в условиях естественной конвекции (рис.1).

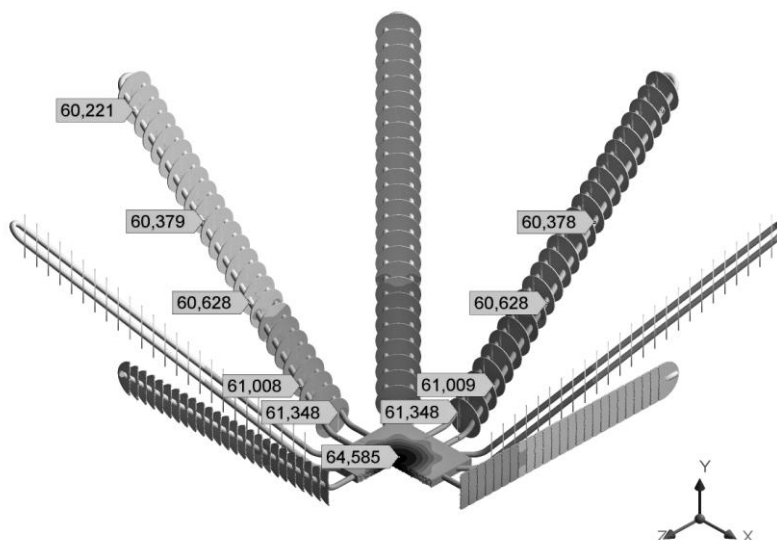


Рисунок 1 – Распределение температуры системы охлаждения

В результате моделирования было получено распределение температур витков ПТТ. Значения температур в характерных точках системы охлаждения указаны на рис. 1. Как видно из рисунка, использование ПТТ, параметры которой приведены в [2], позволяет поддерживать температуру в месте установки СД на уровне до 65°C, при выделяемой тепловой мощности равной 50Вт. Это позволяет создавать полностью пассивные системы охлаждения на основе ПТТ.

Перелік посилань:

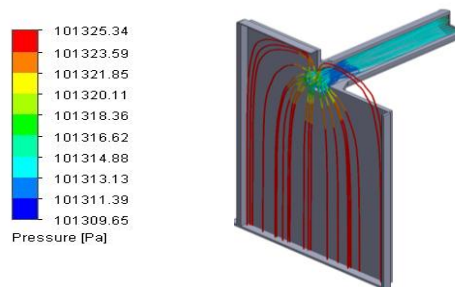
1. Дорожкин Ю. Новые семейства светодиодных модулей серии СХА компании Cree [Текст] / Ю. Дорожкин, А. Туркин, М. Червинский // Полупроводниковая светотехника. – 2014. – № 1. – С. 36-39
2. M Lutfor Rahman. Effect of fin on the performance characteristics of close loop pulsating heat pipe (CLPHP) [Текст] / M Lutfor Rahman, Samaiya Nawrin, Rasel A Sultan, Fariha Mir, Mohammad Ali // Procedia Engineering. – 2015. – № 105. – P. 129-136.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОВІТРЯНОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА

Сьогодні енергетика – це основа будь-якої галузі промисловості, отже для задоволення цих потреб потрібно витратити чималі ресурси, які, в основному, являються вичерпними. У той час, коли стрімко розвивається промисловість постає питання раціонального та ефективного використання енергоресурсів. Головною потребою сучасності стали великі енерговитрати, адже усі галузі промисловості стрімко розвиваються, кількість техніки та апаратури постійно зростає, а джерела енергії невпинно зменшуються[2]. Проблема ефективного використання палива та економія вичерпних ресурсів є найактуальнішими проблемами. Одним із основних напрямів зниження витрат вичерпних джерел енергії є заміщення їх альтернативними. Останнім десятиліттям стала поширеною тенденція розвитку енергетики в світі внаслідок пошуку людством невичерпних, екологічно чистих енергетичних ресурсів. Найкращим джерелом енергії є Сонце, яке продукує 1018 кВт•год/рік[1]. В цьому аспекті сонячна енергія може бути використана як ефективне джерело додаткової енергії.

Саме тому зараз всі ресурси йдуть на розробку обладнання, яке може акумулювати та конвертувати сонячну енергію в тепло чи електрику. Одним з способів цього є застосування сонячних колекторів та сонячних батарей, а новими представниками цієї групи є повітряні фасадні сонячні колектори. Запропонований повітряний сонячний колектор складається з коричневого кольору перфорованого профнастилу 2.000 x 1.183 м (ширина x висота), який прикручено до дерев'яної стінки високої щільності, створюючи приблизно 2 см замкнутого розриву між задньою і передньою поверхнями. Кількість перфорованих отворів - 200 отворів з діаметром 5 мм кожен. Отвори на металевому листі були перфоровані у відповідності до моделюваного потоку повітря в середині колектора з урахуванням розташування вентилятора (12,5 см в діаметрі) в центральній верхній частині задньої панелі.

Було виконано експериментальне дослідження роботи сонячного колектора і моделювання у пакеті SolidWorks. Аналіз результатів показав, що середня ефективність пристрою становить 40%, коефіцієнт потужності 36%, річна продуктивність пристрою 1280 кВт / рік, термін окупності собівартості 9 місяців. Таким чином, колектор, який легко створити з дешевих і доступних матеріалів, є конкурентоспроможним.



Перелік посилань:

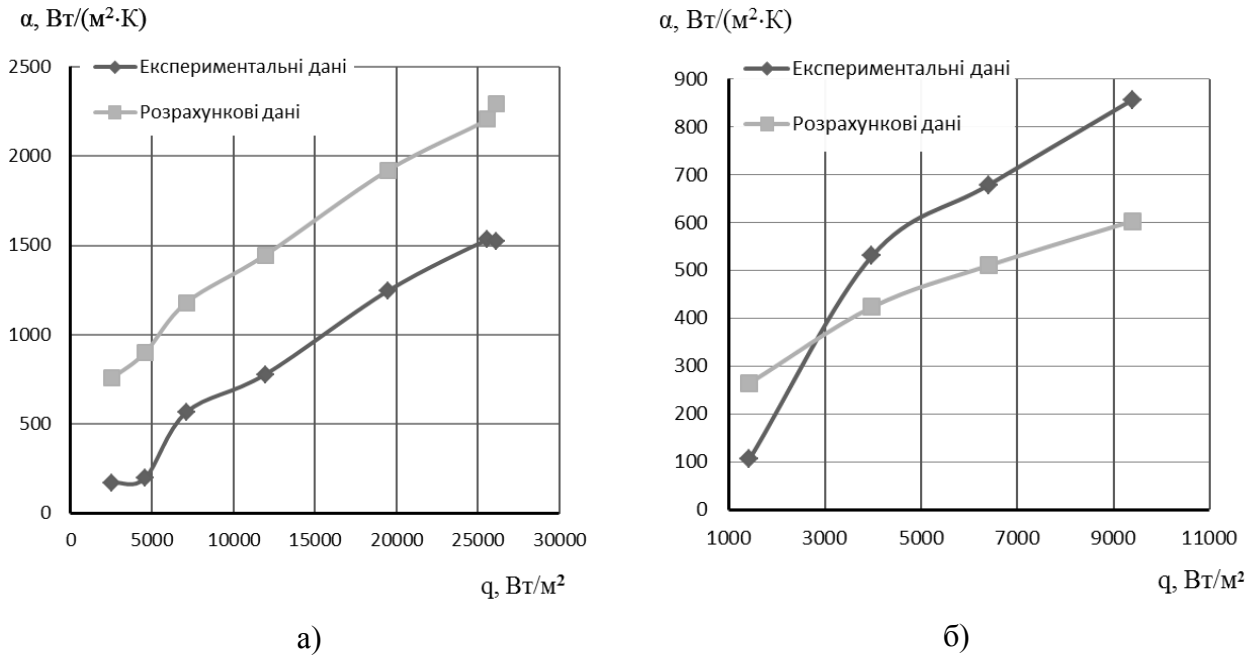
1. Гершуни А.Н., Зарипов В.К. (КПИ) – Энергосберегающее оборудование на тепловых трубах .
2. Р.Й. Мусій, Г.Г. Мідяна, Р.Г. Макітра – Сонячний тепловий повітряний колектор на основі нового типу селективного покриття.

Студент 4 курсу, гр. ТФ-21 Мордас Р.В.
Доц., к.т.н. Лебедь Н. Л., доц. к.т.н. Кравець В.Ю.

ЗАЛЕЖНІСТЬ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОВІДДАЧІ В ЗОНІ НАГРІВУ ДВОФАЗНИХ ТЕРМОСИФОНІВ ВІД ПИТОМОГО ТЕПЛООВОГО ПОТОКУ

Замкнені двофазні термосифони широко використовуються в системах рекуперації тепла у зв'язку з їх високою ефективністю, яка залежить від теплофізичних властивостей теплоносія, геометричних характеристик. Тому виникає необхідність дослідження впливу теплофізичних властивостей робочих рідин двофазних термосифонів за різних умов експлуатації.

В лабораторії теплових труб НТУУ «КПІ» були проведені дослідження з визначення коефіцієнту тепловіддачі в зоні нагріву залежності від типу теплоносія: фреон-113 та метанол. Параметри термосифону: внутрішній діаметр – 5 мм; довжина – 700 мм; довжина зони нагріву і конденсації 200 і 210 мм відповідно; Коефіцієнт заповнення (відношення об'єму заповненого теплоносія до об'єму зони нагріву)– 0,49. На рис.1 представлені результати дослідження.



а) – метанол; б) – фреон R113
Рисунок 1 – Залежність коефіцієнту тепловіддачі від питомого теплового потоку в зоні нагріву

Було виконано порівняння результатів експерименту з розрахунковими значеннями за формулою Імура [1].

$$\alpha_{zn} = 0,32 \cdot \frac{\rho_p^{0,65} \cdot \lambda_p^{0,3} \cdot C_{pp}^{0,7} \cdot g^{0,2} \cdot q_{zn}^{0,4}}{\rho_n^{0,25} \cdot \Gamma^{0,4} \cdot \mu_p^{0,1}} \cdot \left(\frac{P_s}{P_{atm}} \right)^{0,3} \quad (1)$$

Розбіжність отриманих і розрахункових даних складає більше 50% для метанолу, і близько 35% для фреону. Отримане відхилення можна пояснити тим, що залежність (1) не враховує геометричні характеристики та ефективну довжину термосифону.

Перелік посилань:

1.Imura etal., Heat Transfer.- Japan. Res. 2, 1979, 41

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ ПРИ КОНДЕНСАЦІЇ ПАРОГАЗОВОЇ СУМІШІ НА ПОВЕРХНІ ТРУБИ

Розрізняють види конденсації: гомогенна, конденсація відбувається в об'ємі пари, конденсат утворюється у вигляді крапель рідкої фази в цьому об'ємі; плівкова конденсація, конденсат утворюється у вигляді плівки рідини на переохолодженій поверхні, крапельна – конденсат утворюється у вигляді крапель на поверхні конденсації.

Найбільший інтерес з технічної точки зору являє процес плівкової конденсації пари, так як саме він реалізується на поверхнях теплообмінних пристроїв.

Плівкова конденсація відбувається на поверхнях, що добре змочуються конденсатом. При плівковій конденсації менша інтенсивність тепловіддачі.

Для дослідження процесів конденсації водяної пари з парогазової суміші на горизонтальній трубі на кафедрі атомних електростанцій і інженерної теплофізики НТУУ «КПІ» була розроблена експериментальна установка, загальний вид якої, представлено на рис.1.

Експериментальна установка складається з наступних систем:

- системи подачі і підготовки повітря;
- експериментальної ділянки;
- системи подачі паро-водяної суміші.

Генерація пари відбувається шляхом електронагріву в пароутворювачі, кількість води в якому, контролюється ротаметром.

Повітря подається через трубу за допомогою повітродувки і контролюється також ротаметром.

Основним елементом установки є експериментальна ділянка, що представляє собою горизонтальну трубу, яка встановлена в металеву камеру.

Вимірювання температури пари, повітря, парогазової суміші і поверхні труби, відбувається за допомогою термопар (ХА), що встановлені на вході та на виході з експериментальної ділянки.

Експериментальна ділянка, що представляє собою горизонтальну трубу з латуні, яка встановлена в металеву камеру зі скляним вікном.



Рис.1- Вид загальний експериментальної ділянки

Перелік посилань:

1. Ісаченко В. П. : « Теплообмін при конденсації»

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТІВ ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ В УМОВАХ ПРИРОДНОЇ ТЯГИ

На сьогоднішній день існує необхідність забезпечення потреб ринку України новими ресурсозберігаючими системами охолодження технологічних продуктів („сухі” градирні, апарати повітряного охолодження і інш.). Аналіз доступних літературних джерел, присвячений огляду стану розробок в галузі технологій повітряного охолодження технічної води довів, що для створення систем „сухого” охолодження з масогабаритними характеристиками та вартістю, прийнятними для їх широкого розповсюдження, є можливим застосувати нові, запропоновані в НТУУ „КПІ”, поверхні з плоскоовальних труб з неповним оребренням [1], які мають низку значних переваг порівняно з поверхнями із оребрених труб, що застосовуються у теперішній час у промисловості.

Плоскоовальні труби з неповним оребренням ефективно працюють в умовах вимушеної конвекції. В роботі [1] показано їх суттєві переваги над трубами кругло ребристого профілю і можливість їх застосування в якості теплообмінної секції апарату повітряного охолодження. Але існує необхідність, продиктована особливостями експлуатації таких апаратів, перевірити можливість використання плоско овальних труб з неповним оребренням в умовах вільної конвекції і природної тяги.

Відомо, що на теплообмін оребрених труб в умовах вільної конвекції в першу чергу впливають геометричні параметри труб, а саме крок між ребрами. Для плоскоовальної труби також актуальним є питання орієнтації труби в просторі, тобто яким чином потік омиває поверхню плоскоовальної труби – в поздовжньому чи в поперечному напрямку. Це питання вирішено авторами [2] за допомогою пакета FLUENT CFD. Їх дослідження свідчить, що розташування плоскоовальної труби під кутом орієнтації 90° до набігаючого потоку дозволяє підвищити інтенсивність тепловіддачі до 24,87% порівняно з випадком розташування плоскоовальної труби під кутом 0°.

Визначенню оптимального кроку між ребрами труби, що знаходиться в умовах вільної конвекції присвячено багато робіт, але автори не дають однозначної відповіді про значення крокових характеристик ребер, здатних забезпечити максимальний відтік теплоти від оребреної поверхні.

Підсумовуючи вище сказане, можна зробити висновок, що в доступній літературі не приведено даних щодо дослідження тепловіддачі плоско овальних труб з неповним оребренням в умовах вільної конвекції і природної тяги. На основі аналізу літератури [3] також можна сказати, що теплообмінні поверхні бажано розташовувати поперек набігаючого потоку, а у випадку застосування плоско овальних труб – розташовувати їх меншим радіусом поперек потоку.

Перелік посилань:

1. Pis'mennyi E. N. Efficient Heat_Transfer Surfaces Assembled from Partially Finned Flat Oval Tubes [Text] / E. N. Pis'mennyi // Thermal Engineering, 2011, Vol. 58, No. 4, pp. 277–282.
2. Abed W. M. Investigation of natural-convection heat transfer coefficient on a vertical square fin of finned-tube heat exchangers [Text] / W. M. Abed, A. J. Shareef, A. A. Najeeb // Anbar Journal for Engineering Sciences – 2010 – Vol.3 – No. 2 – pp. 31-45.
3. Dharma Rao V. Heat transfer from a horizontal fin array by natural convection and radiation – A conjugate analysis / V. Dharma Rao, S.V. Naidu, B. Govinda Rao, K.V. Sharma. // International Journal of Heat and Mass Transfer – 2006 – Vol.49 – pp. 3379–3391.

ВПЛИВ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ НА ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ БУДІВЛІ

Україна є однією з енергозалежних країн Європи, вона споживає у загальному балансі більше 60–70 % імпортованих енергоресурсів. Запорукою успіху енергетичної незалежності України являється ефективне використання існуючого енергетичного потенціалу. Понад 30% кінцевої енергії у житловому секторі споживається будинками. На думку експертів Європейсько-українського енергетичного агентства, за допомогою тепло модернізації та капітального ремонту в будинках можна зменшити щорічні втрати енергії на 10–25 %. При цьому в цілому по Україні потенціал зменшення енергоспоживання становить 75 % [1].

Більшість житлових будинків в Україні побудована в часи Радянського Союзу, тому вони мають низький клас енергоефективності. Обумовлено це тим, що при проектуванні таких будинків головною метою було заощадити початкові витрати та зменшити період введення будинку в експлуатацію, енергетичні експлуатаційні витрати розглядалися як вторинні показники.

Підвищення теплотехнічних показників існуючих будинків та будинків, що проектуються, до європейських стандартів дозволить скоротити використання енергоресурсів, а також забезпечити мешканців комфортними умовами житлового середовища. Значна кількість теплоти втрачається при інфільтрації повітря через стіни, так як вони мають певну повітропроникну здатність. Тому для заощадження енергії на опалення будівлі слід звертати увагу на повітропроникність огорожувальних конструкцій.

Призначення даної роботи полягає в оцінюванні показників повітропроникності конструкцій фасадної теплоізоляції з вентиляльованим повітряним прошарком та опорядженням індустріальними елементами та конструкцій фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатуркою з несучою частиною стіни з кладки із блоків керамзитобетонних пустотних, блоків керамічних багатошлітинних, цегли керамічної. Також необхідно встановити відповідності отриманих результатів щодо нормативних вимог, надати рекомендацій з покращення опору повітропроникності огорожувальних конструкцій.

В результаті досліджень було встановлено:

- заповнення горизонтальних та вертикальних швів в кладці з керамзитобетонних блоків підвищує опір повітропроникності конструкції з фасадною теплоізоляцією з вентиляльованим повітряним прошарком всередньому в 6 разів в порівнянні з аналогічною конструкцією без заповнення вертикальних швів будівельним розчином.

- стінові конструкції на основі кладки з керамзитобетонних блоків, керамічної цегли або керамічних пустотних блоків не можуть бути застосовані в конструкції фасадної теплоізоляції з вентиляльованим повітряним прошарком без влаштування внутрішнього штукатурного шару.

Для підвищення значення показника опору повітропроникності фрагменту стінової конструкції рекомендовано застосовувати внутрішній штукатурний шар товщиною не менше 15 мм та зовнішній штукатурний шар товщиною не менше 10 мм (для конструкцій з опорядженням штукатурним фасадом), що матиме значення показника повітропроникності на рівні значень представлених в [2].

Перелік посилань:

1. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г.Г. Фаренюк; – К.: Гама-Принт.–2009.–216 с.: Бібліолог.: с. 194-203.
2. Т ДБН 2.6-31 – Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель; - Мінбуд України Київ 2006.

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРСТИК МЕТАЛОВОЛОКНИСТИХ КАПІЛЯРНИХ СТРУКТУР

Капілярна структура (КС) являється основним конструктивним елементом теплових труб (ТТ). Вона одночасно виконує три важливі функції: капілярного насоса, транспортної артерії і тіла, у якому відбуваються процеси теплообміну зі зміною агрегатного стану теплоносія. Одним із видів КС, що застосовуються в ТТ, є металоволокниста структура, яка має деякі переваги порівняно з іншими видами КС [1].

Вивчення основних теплообмінних характеристик ТТ, оптимізація їх параметрів та розробка методик розрахунку вимагають знання основних властивостей КС, до яких відносяться структурні, капілярно-транспортні та теплофізичні властивості. КС такого типу також активно використовується і в інших пристроях, в якості фільтрів.

Однією із найважливіших характеристик пористої капілярної структури є проникність, яка використовується при розрахунках ТТ і визначає, в кінцевому підсумку їх теплопередаючу здатність.

Зважаючи на складність аналітичного дослідження проникності, дану характеристику та залежність її від структурних параметрів визначають, як правило експериментально. При цьому використовується примусова прогонка рідини через пористе тіло або течія рідини під дією гравітаційного поля. Коефіцієнти проникності для кожного зразка визначаються за експериментальними даними, а потім встановлюється функціональний зв'язок з структурними параметрами.

На сучасному етапі розвитку починають використовувати капілярні структури, які виготовлені із волокон, діаметром менше 10мкм. Для таких структур дані про їхні характеристики мало відомі або взагалі в літературі відсутні, частково вони містяться в роботі [2].

Метою даної роботи є уточнення даних, отриманих в роботі [2] та подальше дослідження коефіцієнта проникності металоволокнистих КС, виготовлених з волокон, діаметром менше 10мкм.

В даній роботі використовувалась експериментальна установка та методика проведення досліджень, описана в [2].

Перелік посилань:

1. Семена М.Г. Тепловые трубы с металловолокнистыми капиллярными структурами / Семена М.Г., Гершуни А.Н., Зарипов В.К. – Киев : Вища шк, Головное издательство, 1984. – 215с.
- 2 Шевель Е. В. Исследование проницаемости металловолокнистых капиллярно-пористых структур вдоль плоскости войлокования / Шевель Е. В., Мельник Р. С. // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2015. - № 1.- с 33 – 35.

ТЕПЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОСУПУТНИКА POLYITAN-2-SAU

Наносупутник PolyITAN-2 розробляється в КПІ в рамках міжнародного проекту QB50, що представляє собою кооперацію близько 50 команд-розробників, кожна з яких представляє власний прототип супутника, формату CUBESAT, що повинен бути запущений у 2016 році. На кожному супутнику має бути присутнє корисне навантаження, у вигляді певного датчика, що буде отримувати і передавати на Землю данні про склад космічної атмосфери у реальному часі.

Очевидно, що участь у такій масштабній космічній місії накладає на команду-розробника багато зобов'язань і вимог, однією з яких є визначення теплових характеристик наносупутника під час виконання його завдання на орбіті.

Для виконання цього завдання була розроблена методика, що забезпечує натурне моделювання умов космічного простору в наземних умовах – космічного вакууму, чорноти, температури навколишнього середовища, а також прямого сонячного випромінювання і відбитого від земної поверхні випромінювання, що діє на супутник під час його польоту на орбіті.

Для проведення досліджень була використана термовакuumна камера ТВК-0,2 (розташована на факультеті ФЕА НТУУ «КПІ»), в якій були створені необхідні «космічні» умови, а також застосовано імітатор сонячного випромінювання (ксенонова лампа), що забезпечував тепловий потік випромінюванням, еквівалентний тепловому потоку при виконанні місії. Контролювалися теплові характеристики за допомогою автоматичної багатоканальної системи вимірювання температури, яка включає в собі термопари і термометри, підключені до комп'ютера, і записує всі результати вимірювань у реальному часі. Було проведено 4 цикли досліджень, які імітували умови польоту супутника навколо Землі.



Рисунок 1 – Термовакuumна камера ТВК-0,2

В результаті проведення випробувань було отримано температурне поле наносупутника PolyITAN-2 під час його гіпотетичного знаходження на орбіті, максимально допустимі теплові навантаження. Аналіз отриманих результатів підтвердив стабільність роботи систем наносупутника.

Перелік посилань:

1. Экспериментальное моделирование тепловых режимов малогабаритных космических аппаратов и их внешних тепловых потоков. I. Термовакuumная установка ТВК – 2,5 // Космічна наука і технологія. – 2002. –Т8, №1.

ГІДРОДИНАМІКА ТА ТЕПЛОБМІН ПРИ ПРИРОДНІЙ ЦИРКУЛЯЦІЇ У ПІДГРІВАЧАХ ГАЗУ

Поверхні нагріву сучасних парових котлів працюють в важких умовах, це визвано високими тисками і температурами робочого тіла, які омивають поверхню нагріву з однієї сторони і високими температурами газів, що омивають поверхню з газової сторони. Між грючими димовими газами і робочим тілом безперервно відбувається теплообмін через металеву стінку поверхні нагріву.

Різде погіршення теплообміну між поверхнею нагріву може бути і при наявності середовища, яке рухається, при виникненні кризи теплообміну першого і другого роду це може призвести до підвищення температури металу поверхні нагріву вище допустимих значень. Задача вивчення гідродинаміки і гідродинамічних розрахунків парових котлів як з природньою циркуляцією, так і з примусовою потрібна для того, щоб на основі цих розрахунків знайти такі конструктивні рішення, які задовольнили би надійність роботи усіх поверхонь нагріву котла в умовах експлуатації..

Процес теплообміну який зв'язаний з гідродинамічною роботою контуру природної циркуляції, а також гідродинаміка водогрійних котлів вивчені не достатньо, тому з'явилась необхідність складення власної методики розрахунку гідродинамічних характеристик.

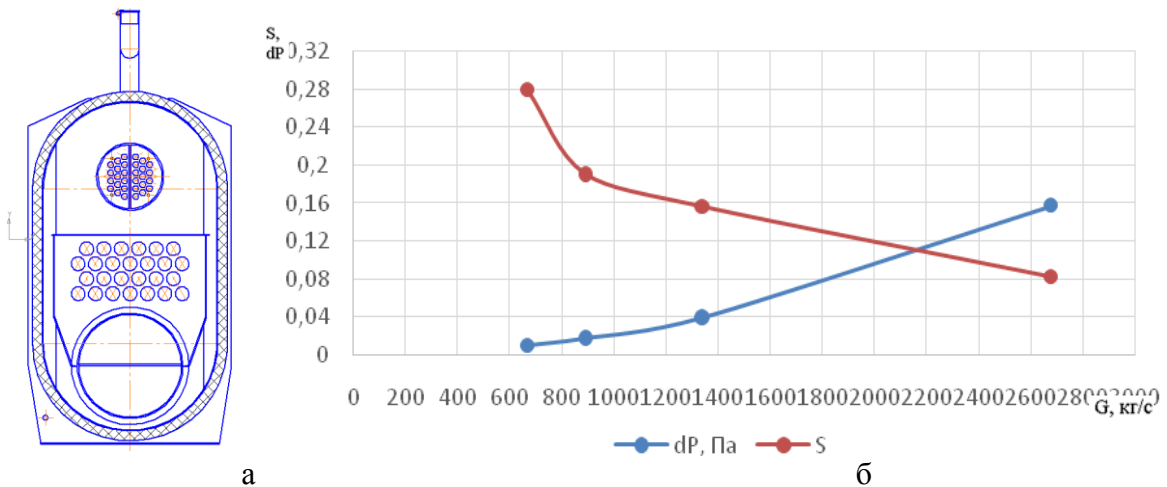


Рисунок 1 – підігрівач газу(а), циркуляційна характеристика (б).

Методика розрахунку гідравлічних характеристик базується на розрахунку корисного напору, теплової потужності і втрати тиску.

Так як із вихідних даних відомо тільки t_1 , а для розрахунку різниці температур, необхідно прийняти значення t_2 . Вибираємо чотири значення $t_2=40, 50, 60, 70$ °С. Згідно цього робляться розрахунки витрати води, корисного напору і втрати тиску для кожного значення температури.

На підставі розрахунку побудована характеристика, яка зображена на рис. 1 (б), яка дозволяє визначити дійсне значення витрати води і корисного напору.

Перелік посилань:

1. Лебедев І.К. Гидродинамика паровых котлов: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Энергоатомизд, 1978 – 240 с.
2. Балдина О.М., Локшин В. А., Петерсон Д. Ф. Семеновкер И. Е, Шварц А. Л. Гидродинамический расчет котельных агрегатов: (Нормативный метод) – М.: Энергия, 1978 – 256 с.

Магістр 5 курсу, гр. ТК-51м Горбань К.С.
Проф., д.т.н. Туз В.О.

ТЕПЛООБМІННИК КИПЛЯЧОГО ШАРУ КОТЛА З ЦИРКУЛЮЮЧИМ КИПЛЯЧИМ ШАРОМ

В Україні вітчизняне вугілля є стратегічним паливом. Крім того, переважна кількість котельного парку теплової енергетики України розрахована саме на спалювання вугілля. Негативний фактор також - висока ступінь фізичного та морального зносу всього обладнання енергетичних станцій. Тривалість експлуатації більшої частини працюючих вугільних енергоблоків перетнула межу 250 тис. годин. Структура генеруючих потужностей української електроенергетики також характеризується недостатньою кількістю маневрених потужностей для регулювання навантаження, так як 50 % загального виробітку електроенергії припадає на АЕС, що працюють лише в базовому режимі. Тому поширеною практикою є використання в маневрених режимах пилувугільних блоків 150-300 МВт, які для цього не проектувалися. Робота в непроекtnих умовах прискорює зношення обладнання, підвищує аварійність блоків і супроводжуються понаднормовими витратами палива та зниженням свого к.к.д.

Україна вже також почала долучатися до світових енергетичних тенденцій впровадженням чистих вугільних технологій. В рамках реконструкції енергоблоку №4 Старобешівської ТЕС пилувугільний котел ТП-100 продуктивністю 640 т/год було замінено на котел з циркулюючим киплячим шаром (ЦКШ) атмосферного типу АЦКШ-670 продуктивністю 670 т/год конструкції «Lurgi». Окрім відповідності високим екологічним стандартам, які притаманні усім агрегатам з ЦКШ, особливістю останньої є наявність виносного теплообмінника киплячого шару (ТОКШ), який дозволяє забезпечити досить високу маневреність в межах 40-110% згідно з проектними даними. [1]

Але на практиці було виявлено ряд проблем, пов'язаних з особливістю місцевого палива. Зокрема нестабільна робота випарних поверхонь, розташованих у ТОКШах, яка іноді призводила до розірвання труб. Для вирішення такого роду завдань потрібні детальні дослідження і розуміння тепло-фізичних процесів, які виникають в так званому псевдо-зрідженому шарі, а саме кондукція, конвекція, випромінювання, що виникають від взаємодій частинок палива в шарі, частинок в шарі та чужорідних, взаємодія між твердими частинками та газовим та між об'ємом та поверхнею теплообміну. Треба розуміти, що мова іде про двофазний, неоднорідний, вільний киплячий шар і для опису його необхідно використовувати складні системи рівнянь, вирішення яких – майже неможлива задача. На сьогодні немає узагальненої методики розрахунку такого роду систем, яка б працювала на практиці. Тому актуальним є її створення. Спроби цього наведені в [2]. Але наведені результати не дозволяють з достатньою точністю відобразити особливості роботи ТОКШ. На підставі цього актуальним є дослідження процесів тепломасообміну в апаратах такого типу.

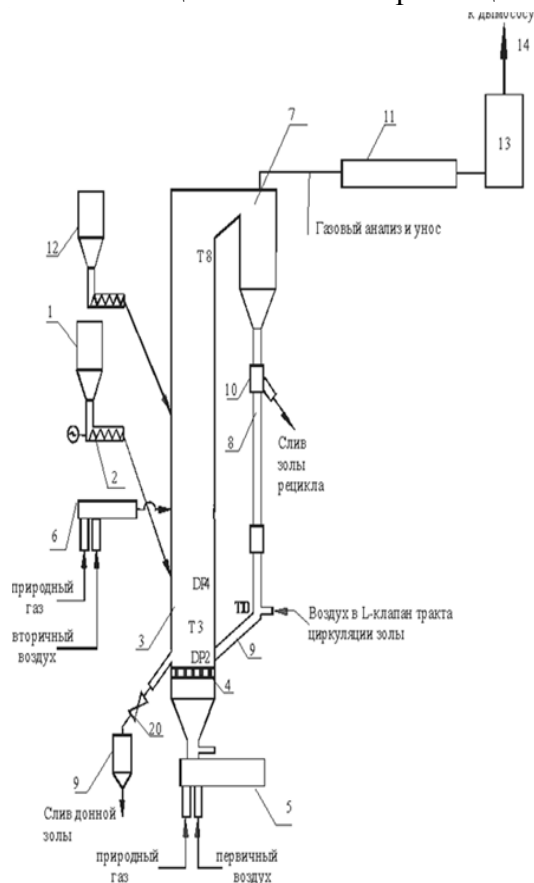
Перелік посилань:

1. Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику України/ [Вольчин І. А., Дунаєвська Н. І., Гапович Л. С., Чернявський М. В., Топал О. І., Засядько Я. І.]. – К.: ГНОЗІС, 2013. – 308 с.
2. Управляемое псевдосжижение/ Конвенский Г. И. – Минск: АНК ИТМО НАНБ. 1999. – 144 с.

Магістр 6 курсу, гр. ТК-41м Гриб Є.П.
Доц., к.т.н. Рогачов В.А.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАЛУЧЕННЯ ВИСОКОЗОЛЬНИХ ВІДХОДІВ ВУГЛЕЗБАГАЧЕННЯ ДО ВИРОБНИЦТВА ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.

Проблема утилізації високозольних відходів вуглезбагачення актуальна для багатьох спеціалізованих виробництв металургійного та коксо-хімічного комплексів України. У світовій практиці залучення високозольних відходів вуглезбагачення для виробництва електроенергії та/або тепла у більшості випадків здійснюється за допомогою технології спалювання в циркулюючому киплячому шарі (ЦКШ)



Модифікований стенд ЦКШ-0,02 для дослідження спалювання твердих палив у ЦКШ:

спалювання. На основі аналізу отриманих результатів визначено оптимальний діапазон режимних умов спалювання кеку в КШ та ЦКШ, для отримання теплової та електричної енергії, а також по використанню відходів вуглезбагачення.

В зв'язку з цим в рамках створення технології спалювання кеку, було показано можливість застосування високозольних відходів вуглезбагачення, як палива для котлоагрегатів з циркулюючим киплячим шаром для виробництва теплової та електричної енергії.

Перелік посилань:

1. Корчевой Ю.П., Майстренко А.Ю., Топал А.И. Современное состояние развития чистых угольных технологий в энергетике // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – Киев. – 2009. – №4. – С.
2. О. Ю. Майстренко, Ю. П. Корчевой, О. І. Топал, М. В. Чернявський, І. А. Вольчин, Н. І. Дунаєвська, О. М. Сучасні розробки Інституту вугільних енерготехнологій НАН України для теплової енергетики // – К.: ГНОЗІС, 2014. – 224 с.

УДК 608.2

Студент 4 курсу, гр. ТК-21 Грязев Д.С.
Проф., д.т.н. Туз В.О.

ТЕПЛОМАСООБМІН В ФІЛЬТР-СЕПАРАТОРІ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ГТУ ГПА

На підставі експериментальних досліджень процесів в масообмінному елементі розроблено фільтр-сепаратор паливного газу, який призначений для одержання гомогенного палива. Випробування дослідного зразка показало, що використання фільтр-сепаратора в системі паливоприготування ГТУ виключає попадання в камеру згорання не тільки важких вуглеводневих з'єднань, механічних домішок, але і сірки.

Підвищенню надійності роботи ГТУ ГПА сприяє очищення циклового повітря і паливного газу від механічних домішок і краплиної вологи. Проблемам очищення повітря присвячені роботи [1, 2], тоді як підготовці паливного газу до спалювання приділяється мало уваги [3].

Наявність в паливному газі газового конденсату і води у вигляді крапель приводить до підвищення нерівномірності температурного поля в камері згорання, утворення нагару на паливних пристроях, ерозійного зносу лопаткового апарату і прискоренню корозійних процесів.

Виходячи з вищесказаного, витікає, що для надійної роботи ГТУ ГПА необхідно, щоб в камеру згорання не попадали рідкі вуглеводні і вода у вигляді крапель.

Існує ряд методів видалення дисперсної фази з газового потоку. До основних методів можна віднести фільтрування з метою видалення крапель рідини і механічних домішок. Другий спосіб – випаровування дисперсної фази для отримання гомогенного потоку.

Перелік посилань:

1. Пчёлкин В.В. Воздухоочистительные устройства - этапы развития. ООО"ВНИИГАЗ"/ В.В.Пчёлкин, О.В.Лисицына, С.Н.Подлегаев, Л.А.Прокофьев, Д.И.Сивков// Газотурбинные технологии. — 2007. — № 4(51). — С. 32-37.
2. Шваб Ю. Сравнительный анализ различных систем фильтрации, применяемых на ГТУ в России/ Ю. Шваб, А.Богдан - Filtertechnik GmbH// Газо-турбинные технологии. — 2009. — № 5(78). — С. 16-20.
3. Пчёлкин В.В. Качество подготовки газа в технологических процессах компрессорных станций/ В.В.Пчёлкин, С.Н.Подлегаев, Д.И.Сивков, О.В.Лисицына// Газотурбинные технологии. — 2008. — № 3(64). — С. 38-42.
4. Туз В.О. Тепло- і масообмін при охолодженні повітря гравітаційно стікаючою ізотермічною плівкою

АНАЛІЗ ЗАМІЩЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ АЛЬТЕРНАТИВНИМ ГАЗОВИМ ПАЛИВОМ В ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ

Задача економії природного газу за рахунок його раціонального використання і повної або часткової заміни на альтернативне паливо є надзвичайно актуальною і має багато невирішених виробничих і наукових аспектів, які підлягають одночасному вивченню для забезпечення промислового впровадження методів енергозбереження.

Низька теплота і температура згоряння багатьох альтернативних палив погано поєднуються з необхідністю використання цих газів в високотемпературних агрегатах, в той же час їх енергетичного потенціалу досить для використання в середньо- і низькотемпературних процесах. Тому, доцільно частину витрат природного газу для потреб теплопостачання покривати за рахунок місцевих палив, насамперед синтез-і біогазових. У той же час для промисловості стратегію зменшення споживання органічного палива раціонально забезпечити, перш за все, шляхом повного або часткового заміщення природного газу технологічними газами (в металургії: коксовим, доменним, конвертерним газами і їх сумішами, а також сумішшю з природним газом).

Відзначимо, що так як багато альтернативних палив мають низьку теоретичну температуру горіння, то можливість їх використання в високотемпературних процесах можлива тільки за рахунок забезпечення високотемпературного підігріву обох компонентів горіння: повітря і газу шляхом утилізації теплоти. При цьому особливого значення набуває екологічний аспект, оскільки більш високотемпературний підігрів компонентів горіння неминуче викликає збільшення утворення токсичних газів, зокрема оксидів азоту (NO_x).

У складі технологічних і низькокалорійних газів зазвичай містяться інертні і шкідливі речовини. Це вимагає розробки процесів і пристроїв для підготовки (очищення, попереднього підігріву) ефективного спалювання забаластованих палив.

Особливу небезпеку становить наявність сірки в альтернативних газах (продуктах газифікації, вироблених із біомаси та палив, вироблених з відходів), що призводить до значної високотемпературної корозії. Корозія обумовлена наявністю в газах частинок мікроелементів у паровій фазі, які при конденсації на поверхнях створюють розплавлені відкладення під яким активно протікають процеси руйнування металу [1].

Коректний аналіз заміни природного газу на альтернативне газове паливо (склад і властивості якого залежать від його походження) вимагає теоретичного прогнозу і проведення чисельних розрахунків для оцінки енергетичних і екологічних показників роботи паливних агрегатів.

Перелік посилань:

1. Bradshaw A. Passage of tracemetal contaminants through hot gas pathsof gas turbines burning biomassandwaste-fuels / A. Bradshaw, N.J. Simms, J.R. Nicholls // Fuel, Vol 87, Number 17–18, 2008. –P.3529–3536.

УДК 621.128.

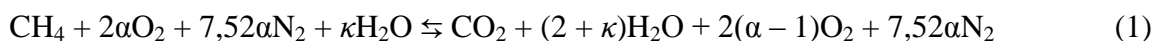
Студент 4 курсу, гр. ТК-21 Кирик І.М.
Доц., к.т.н. Воробйов М.В.

ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ОКСИДІВ АЗОТУ В ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ ПРИ ВПРИСКУВАННІ ВОДИ І ВОДЯНОЇ ПАРИ

В останні роки знаходять широке розповсюдження процеси спалювання вуглеводневих палив в умовах подачі води або водяної пари в камеру згорання (КЗ)двигунів і турбін. Відомими є роботи [1, 2] по використанню зволоженого повітря в енергетичній техніці. При цьому, за допомогою нових розробок не тільки вдається подолати несприятливий вплив вологості повітря на ККД і потужність двигунів, а і підвищити ефективність використання палива, а також скоротити кількість шкідливих викидів в атмосферу.

Детальне дослідження спалювання палива в КЗ, наприклад, при повному врахуванні процесів перенесення теплоти і маси, кінетичних механізмів горіння і утворення шкідливих речовин має частковий характер для кожної конкретної конструкції і важко поєднується з необхідністю аналізу впливу великого числа початкових умов процесу. Метою даної доповіді є визначення тенденцій впливу зволоження окислювача на екологічні аспекти спалювання газового палива.

Для аналізу утворення шкідливих речовин в процесах при спалюванні газового палива зі зволеним окислювачем відзначимо, що для спрощення розрахункового завдання із метою визначення загальних закономірностей всі розрахунки горіння будемо проводити для природного газу–метану(100% CH₄), окислювача–атмосферногоповітря ([O₂] =20,95%; [N₂] =79,05%) і коефіцієнта надлишку повітря $\alpha = 1,0$. Розглянемо рівняння горіння метано-повітряних сумішей у присутності води (зволожений окислювач):



Розрахунками у програмі Інституту газу НАНУ «FUEL», яка призначена для розрахунку хімічних рівноваг (автор методики розрахунків [3] – проф. Б.С. Сорока) встановлено, що концентрації (об'ємні і молярні долі) [NO]_{eq}при відповідних зволоженню теоретичних температурах горіння T_T істотно зменшуються для вологого повітря-окислювача: при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha = 1,0$ і вологовмісті d_a = 20,1 г/кг сухого повітря, що відповідає температурі насичення при T_{a,s} = 298 К, теоретична температура горіння T_T знижується з 2221К (сухе повітря) – до 2178К ($\phi = 100\%$), при вологовмісті d_a = 65,0 г/кг сухогоповітря (T_{a,s}= 318 К), T_T= 2097 К. При цьомурівноважна концентрація [NO]_{eq,T}, відповідно, знижується з 0,1935% (при сухому повітрі) до 0,1627% і 0,1133%, – при температурах, відповідних згаданим зволоженням.

Рівноважні концентрації [NO]_{eq} і питомі концентрації NO в продуктах згорання різко знижуються при збільшенні вмісту вологиповітря-горіння, причому їх величини можуть скоротитися напорядки у порівнянні з випадком сухого повітря-горіння.

Перелік посилань:

1. Guillet R. Vapor pump and condensing heater / R. Guillet //Gas Wärme Int. – 40, Н.6., 1991.– S. 248 – 252.
2. Guillet R. Wet way combustion: energy efficiency, environmental protection / R. Guillet // Elsevier, 2000, Paris. – 137 p.
3. Карп И.Н. Продукты сгорания природного газа при высоких температурах / И.Н. Карп, Б.С.Сорока, Л.Д. Дашевкий, С.Д. Семернина // Киев: Техника. – 1967.– 382 с.

УДК 621.18

Магістр 5 курсу гр. ТК-51м Кобилянський В.Ю.
Доц., к.н.т. Рогачов В.А.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПАРОВОГО КОТЛА Е-1-0,9Г ПРИ НИЗЬКИХ ПАРАМЕТРАХ НАВАНТАЖЕННЯ

Робота присвячена підвищенню надійності контуру природньої циркуляції парового котла Е-1-0,9Г при низьких параметрах навантаження, підвищенню ККД котла за рахунок модернізації конструкції опускного контуру та хвостових поверхонь нагріву.

Результати дослідження та розрахунки дадуть змогу зменшити парогенеруючу поверхню нагріву і виділити необігріваний опускний контур з пучка котельних труб, що збільшить тепловідвід від парогенеруючих труб шляхом інтенсифікації циркуляції пароводяної суміші. Це дасть змогу підвищити ефективність роботи гідравлічної системи котлів малої потужності при низьких параметрах навантаження, а також підвищити ефективність конструкції котельного обладнання шляхом розділення поверхонь теплообміну на функціональні компоненти з різними температурними напорами (окремо виділена економайзерна та парогенеруюча поверхні теплообміну). Це дасть змогу зменшити масогабаритні характеристики парового котла, підвищити ККД шляхом зменшення втрат з відхідними газами та від зовнішнього охолодження. В результаті цього зменшиться витрата природнього газу із збереженням номінальної паропродуктивності.

Методика розрахунку даного котельного агрегату полягає у визначенні температури димових газів за кожним рядом труб та кількості водяної пари, яка генерується при даному тепловому потоці. Виходячи з цих даних можна буде зробити оцінку роботи кожної труби котельного пучка, а саме яку функцію вона виконує опускною чи парогенеруючою. Тоді знаючи кількість опускних труб можна розрахувати площу опускного контуру і зробити порівняння з необхідною площею перерізу, яка буде забезпечувати надійну циркуляцію робочого тіла при низьких навантаженнях парового котла.

Переріз котла у горизонтальній площині з рядом котельних труб показано на рисунку 1.

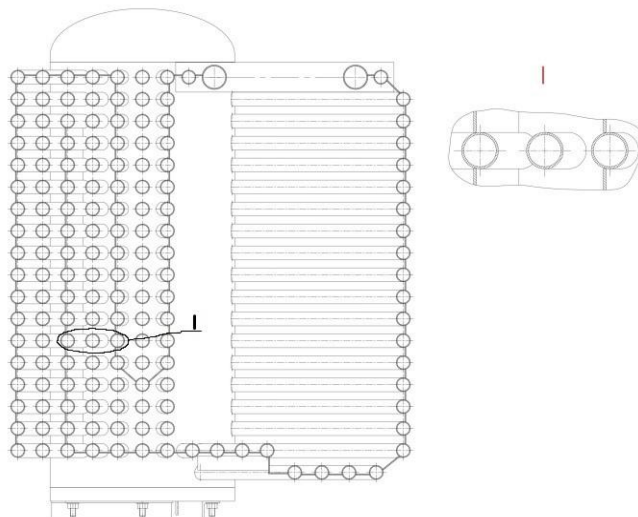


Рисунок 1 – Пареріз котла Е-1-0,9Г в горизонтальній площині

Перелік посилань:

1. Лебедев И.К. Гидродинамика паровых котлов [Текст] : учеб. пособие для вузов /И.К. Лебедев.—М. : Энергоатомиздат, 1987.—240с.

УДК 662.62

Студент 4 курсу, гр. ТК-21 Напресенко В.А.

Ст.викл., к.т.н. Косячков О.В.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ТЕМПЕРАТУРИ ЧАСТИНКИ ПАЛИВА ПРИ ТЕПЛООБМІНІ В КИПЛЯЧОМУ ШАРІ

Одним з напрямків розвитку сучасної вугільної енергетики є використання технологій киплячого шару (КШ). Технологія спалювання в киплячому шарі відрізняється екологічною чистотою, не залежить від виду подаваного твердого палива і може використовувати палива погіршеної якості. Актуальною задачею є визначення температури частинки вугілля, яка занурена в киплячий шар. Справа в тому, що температурні межі існування киплячого шару знаходяться в діапазоні від 400 °С (низькотемпературний КШ) до температури початку деформації золи t_1 . Якщо нижня межа температури технологічно не відіграє значної ролі, то при перевищенні температури для того чи іншого типу вугілля можливий перехід апарату КШ в режим плавлення золи, або її агломерації. Тому розрахунок верхньої межі температури КШ для кожного типу вугілля виявляється актуальною задачею. В [1] наведено приклад розрахунку частинки нафтового коксу, але він виконується із заздалегідь відомим ступенем вигорання частинки, який не завжди можливо порахувати, а його експериментальне визначення стикається з труднощами. В [2] наведено дані про температури частинок, але ці дані є контрверсійними, оскільки температура частинок, наведена там, на думку авторів, завелика.

Для розрахунку температури частинки було використано уточнюючий метод, оснований на даних [3], який дає змогу порахувати кінетичні характеристики вигорання частинки. Оскільки для більшості палив горіння в КШ відбувається в зоні лімітуючого впливу зовнішньої дифузії, то питому швидкість горіння коксового залишку було перераховано.

Результати розрахунку температури частинки бурого вугілля при різних температурах шару та розмірах частинки бурого вугілля наведені в табл.1. Подібні розрахунки виконані для всіх типів українського енергетичного вугілля.

Таблиця 1 Результати розрахунку температури частинки бурого вугілля в КШ

Діаметр частинки, м	Температура частинки при температурі шару, °С					
	0	750	800	850	900	950
0,0002	725,7	790,2	861,4	930,0	994,0	1052,3
0,0005	767,9	867,6	942,9	1002,1	1053,2	1100,1
0,001	851,2	915,4	965,9	1010,8	1052,9	1093,8
0,002	866,9	910,9	951,5	990,4	1028,9	1067,8
0,003	855,0	894,7	932,9	970,7	1008,3	1046,9

Перелік посилань:

1. Мухленов И.П., Сажин В.С., Фролов В.Ф. Расчеты аппаратов кипящего слоя: Справочник / Под ред. Мухленова И.П. – Л.: Химия, 1986. – 352 с.
2. Радованович М. Сжигание топлива в псевдоожигеном слое: Пер. с англ. .– М.: Энергоатомиздат, 1990. – 248 с.

ІНТЕНСИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ ЗВ'ЯЗУВАННЯ СІРКИ В ДИМОВИХ ГАЗАХ, РОЗПИЛЕННЯМ АМІАЧНОЇ ВОДИ

Одною з найефективніших та найвигідніших технологій напівсухого сіркоочищення є десульфуризація димових газів за допомогою використання розчину аміаку (аміачної води). В цій технології ДДГ в якості поглинача використовується водний розчин аміаку (аміачна вода, гідрат амонію) ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) – хімічне з'єднання, що утворюється при взаємодії аміаку з водою і яке дисоціює в воді з утворенням катіонів амонію і гідроксид-аніонів.

Метод напівсухої десульфуризації, базується на розпиленні під тиском більше 10 МПа у реакційному об'ємі перед золотловлювачем водного розчину гідрату аміаку $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ у стехіометричній кількості, збагаченого пероксидом водню H_2O_2 . За час перебування димових газів у реакційному об'ємі (близько 8 сек.) відбувається процес абсорбції діоксиду сірки до повного висихання крапель розчину з утворення твердих частинок сульфату амонію $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ розміром 5-10 мкм. Розміщений на виході реакційного об'єму тканинний фільтр осаджує ці частинки на тканинних рукавах. Процес десульфуризації продовжуватиметься в умовах відносної вологості димових газів вище 45 % на рукавах за рахунок адсорбції на частково зволжених частинках продукту, осаджених на поверхні рукавів, як центрів абсорбції молекул аміаку, діоксиду сірки та кисню.

Для розрахунку інтенсивності процесу зв'язування сірки рідиною важливе значення мають параметри, якими характеризується система крапель. Ці параметри залежать від вигляду і розташування розпилюючих пристроїв, зокрема від особливостей руху та тепломасообміну крапель в газоподібному середовищі. До основних параметрів системи крапель відносяться швидкість крапель, температура і функція розподілу крапель за розмірами. Швидкість краплі визначається її початковим значенням, процесом руху і взаємодією з іншими краплями; для температури і функції розподілу, крім того, слід врахувати і тепломасообмін системи крапель. Початкова функція розподілу істотно залежить від індивідуальних особливостей розпилювача; її визначають, як правило, експериментальним шляхом.

У теорії коагуляції дисперсних систем розрізняють два аспекти: кінетику процесу коагуляції для всієї системи в цілому і внутрішній механізм елементарного акту коагуляції окремих частинок. При русі системи крапель передбачається, що краплі даної фракції володіють однаковою швидкістю. У цьому випадку досить розглянути рівняння руху краплі довільного радіуса, причому це рівняння складається для центру мас рухомій краплі, яка розглядається як матеріальна точка. Рівняння руху в цьому випадку являє собою умова рівноваги між силою інерції, з одного боку, і силами-реактивної, аеродинамічного опору і тяжкості - з іншого.

Дослідження процесів абсорбції проводяться на фізичній моделі в різних режимах, які відрізнялися між собою складом і концентрацією сорбенту, а також масою води, що доводиться на одиницю маси повітря, яке подається в реактор.

Перелік посилань:

1. О.Ю.Майстренко, Ю.П.Корчевой, О.І.Топал, М.В. Чернявський, І.А.Вольчин, Н.І.Дунаєвська, О.М.Дудник / Сучасні розробки інституту вугільних енерготехнологій національної академії наук України для теплової енергетики.: Київ, 2013 - 324с
2. Ю.И. Дытнерский / Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию.2-еизд.М.:Минск,1991 - 411с

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОФІЛЬТРІВ ПРИ ОЧИЩЕННІ ДИМОВИХ ГАЗІВ У КОТЕЛЬНИХ АГРЕГАТАХ

Заходи щодо збереження чистоти повітряного басейну і покращення санітарно-гігієнічних умов міст та промислових поселень являється актуальним питанням сьогодення. Одними з основних джерел шкідливих викидів є теплові електростанції (ТЕС). Потік продуктів згоряння, який рухається по газоходах котельного агрегата, несе у собі тверді частинки золи і незгорілого палива. Зола, виходячи з димових труб, забруднює атмосферу та прилягаючу територію, а також негативним чином впливає на організм людини, тварин і рослинний світ^[1].

У зв'язку з цим великі котельні, які призначені для роботи на твердому паливі мають бути обладнані пристроями для очищення димових газів від золи. Добре себе зарекомендували у цій області електрофільтри, якість очищення яких на сьогоднішній день досягає 99,9%.

Золуловлення і очищення газів у електрофільтрах заснована на тому, що внаслідок коронного розряду між двома електродами, до яких підведено пульсуючий електричний струм високої напруги до 60 кВ, що проходить через електрофільтр потік газів заповнюється негативними іонами, які під дією сил електричного поля рухаються від коронувального до осадженого електроду. При цьому частинки, які знаходяться в газі адсорбуються і захоплюються до осаджувальних електродів. Віддавши заряд, частинка падає в кишеню, а потім в золовий бункер. Для котельних установок переважно використовують горизонтальні електрофільтри з пластинчастими електродами.

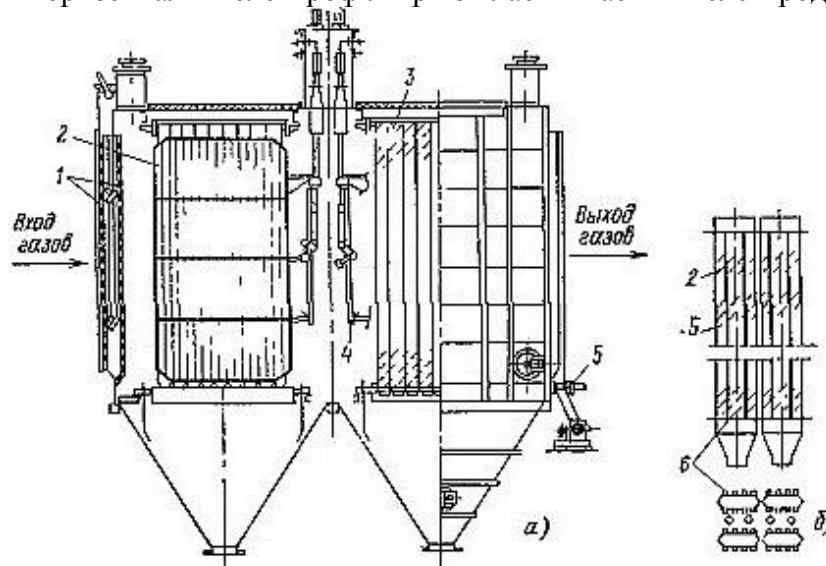


Рис. 1 – Горизонтальний пластинчастий двозонний електрофільтр

У роботі показано переваги електрофільтрів над традиційними способами очистки повітря, проаналізовано основні технічні параметри та ККД пристрою, наведено приклад розрахунку електрофільтра.

Перелік посилань:

1. Бузников Е.Ф., Роддатис К.Ф., Берзиньш Э.Я. - Производственные и отопительные котельные. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – С. 175-178

УДК 621.43.056:632.15

Магістр 6 курсу, гр. ТК-51м Тарановський А.Ю.
Ст.викл., к.т.н. Філатов В.І.

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТУ, ПАРОПРОДУКТИВНОСТІ 10 Т/ГОД ПЕРЕГРІТОЇ ПАРИ, ЩО СПАЛЮЄ ЛУШПИННЯ СОНЯШНИКА У ЯКОСТІ ПАЛИВА

На даний момент проблема з газоподібним паливом, а саме його ціна, має дуже тяжкі наслідки для України. В якості альтернативного палива, на заміну газу, може використовуватися буре та кам'яне вугілля, лушпиння соняшника та тріски деревини.

Характеристика альтернативних видів палива, що взяті на підставі даних з відкритих джерел наведена нижче в таблиці.

Тип палива	Зольність, вологість, теплотворча спроможність, ціна тони та кілокалорії палива				
	A^p	W^p	Q^p_n	C_T	C_Q
	%	%	Ккал/кг (МДж/кг)	Грн./т	Грн./ккал
Буре вугілля	5,7	56,2	2405,0 (10,10)	750	$311,9 \cdot 10^{-6}$
Кам'яне вугілля	19,8	10,0	5150,0 (21,58)	1250	$242,7 \cdot 10^{-6}$
Пелети(деревина)	0,6	5,0	4248,1 (17,8)	1700	$400,2 \cdot 10^{-6}$
Тріска деревини	0,7	30,0	2873,2 (12,04)	450	$156,6 \cdot 10^{-6}$
Лушпиння соняшника	2,4	15,0	3662,2 (15,35)	800	$218,4 \cdot 10^{-6}$

Лушпиння соняшника є одним із видів палива з привабливим співвідношенням вартості та теплотворної спроможності, що відображується наведеним показником «вартість кілокалорії». Україна має значні запаси лушпиння соняшника, тому що вона є одним із світових лідерів виробництва соняшникової олії. Після визначення основних властивостей даного палива, а саме : зольності, вологості та нижчої теплоти згорання ($A^p=2,4\%$; $W^p=15,0\%$; $Q^p_n=15,35\text{МДж/кг}$) та проведення економічного розрахунку можна зробити висновок, що витрати на спалювання та транспортування в якості палива лушпиння соняшника в 2-3 рази дешевше, ніж спалювати газ. Також було визначено, що для складу золи лушпиння соняшника характерний високий вміст оксидів лужних металів, оксидів калію (K_2O), кальцію (CaO), кремнію (SiO_2) та алюмінію (Al_2O_3). Зола лушпиння соняшника має низьку температуру плавлення. Дані показники обумовлюють необхідність розробки конструктивних рішень, що забезпечать економічне та надійне спалювання цього палива.

Був обраний котел для спалювання лушпиння соняшника KE-10 з паропродуктивністю пари 10 т/год, температурою перегрітої пари 250 °С та тиском 1,4 МПа. Актуальністю теми, стосовно вибору даних параметрів котла є:

- можливість експлуатації даного котлоагрегату на промислових підприємствах, в тому числі підприємствах харчової та легкої промисловості;
- наявність пароперегрівача потребує розробки при подальшій роботі над проектом конструктивних рішень, що будуть спрямовані забезпечення надійної і економічної роботи в широкому діапазоні регулювання продуктивності котлоагрегату.

ОЧИЩЕННЯ ЗАПИЛЕНОГО ПОТОКУ ГАЗІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МОКРИХ СКРУБЕРІВ ВЕНТУРІ

Охорона природних ресурсів та повітряного простору від шкідливих викидів промислових підприємств пов'язана з комплексом екологічних проблем, вирішення яких гарантує безпеку всієї планети в цілому. Для вирішення цих проблем розробляються і застосовуються пиловловлювальні установки і цілі системи, затребуваність яких зростає сьогодні з кожним роком і є складовою частиною добре налагодженого виробництва. У порівнянні мокрому очищенню з сухим показує, що мокре очищення має меншу вартість і, як правило, є більш ефективною, ніж сухе.

Одним з найбільш вдалих апаратів для мокрої газової очистки є скруббер Вентурі. У таку установку вода подається через отвір в горловині труби. Потік води піддається тонкому розпорошенню за допомогою швидко рухаючого потоку газу, який вдувається в установку вентилятором. У широкій частині труби швидкість потоку падає, а тонко розпорошена рідина поглинає пил. В результаті цього краплі рідини стають більшими, що робить можливим їх виділення з газу за допомогою циклонного сепаратора. У відстійнику відбувається відділення води від шламу, після чого вода знову подається в скруббер. Скрубер Вентурі здатний видаляти з потоку газу до 99% тонкодисперсного пилу, розміри частинок якої знаходяться в діапазоні 1.5 до 0.5 мк.

До переваг таких скрубберів прийнято відносити невелику вартість, високу ефективність та простоту конструкції. Можуть не тільки успішно конкурувати з такими високоефективними пиловловлювачами, як рукавні фільтри і електрофільтри, а й використовуватися в тих випадках, коли ці апарати зазвичай не застосовуються, наприклад, при високій температурі і підвищеній вологості газів, при небезпеці загоряння і вибухів очищених газів, в якості теплообмінників змішування.

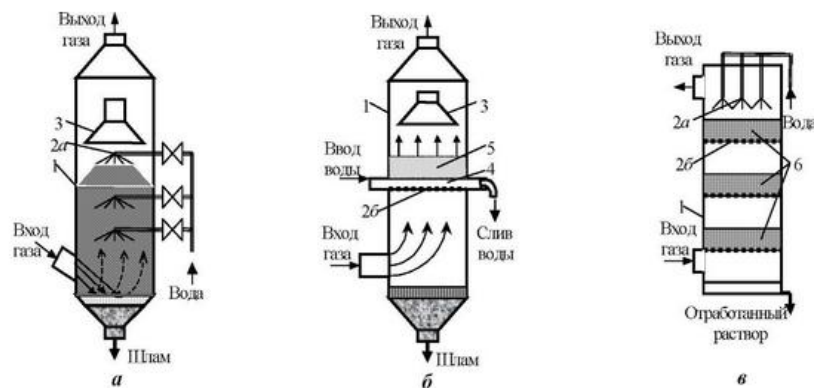


Рис. 1 –Форсунковий скруббер (а), барботажно-пінний пиловловлювач (б), орошуючапротипротивопотічна насадкова башня (в); 1 –корпус; 2а – форсунки; 2б – решітка; 3 –краплевловлювач; 4 –вода; 5 – піна; 6 - насадка

Перераховані переваги апаратів мокрому очищенню дозволяють широко їх застосовувати в системах пилоочистки сушильних установок, особливо у других ступенях очищення на теплових електростанціях.

Перелік посилань:

1. Ветошкин А.Г. Процессы и аппаратыпылеочистки. Учебноепособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005.

УДК 662.63

Студент 4 курсу, гр. ТК-21 Шмаюн М.В.
Доцент, к.т.н Новаківський Є.В.

ПЕРЕВЕДЕННЯ ПИЛОВУГІЛЬНОГО ПАРОВОГО КОТЛА ТП-35У НА СПАЛЮВАННЯ БІОМАСИ ТА ВІДХОДІВ ЗІ ЗМІНОЮ ТИПУ СПАЛЮВАННЯ

Зважаючи на те, що в Україні з кожним роком доля видобутку вугілля зменшується, а після воєнних дій ми втратили найбільший басейн його видобутку, постає питання про альтернативну заміну цього виду палива на інший.

Перспективним є спалювання палива в киплячому шарі, а саме, в роботі буде розглянута установка для спалювання двох видів палива: рубаної тріски та подрібнених дров'яних відходів (зольність цих палив коливається в діапазоні від 50 до 80%, а питома теплота згоряння від 2 до 5 МДж). Для таких видів палива потрібно повністю змінювати конструкцію топкової камери та систему приготування палива.

В даний час в котельно-топкової техніці застосовується в основному низькотемпературний стаціонарний і циркулюючий киплячий шар. Він допускає спалювання палива зольністю до 85-90%. Низькотемпературний киплячий шар має температуру 850-950°. Автором пропонується спалювання палива в топці парового котла ТП-35У на рухомій механічній решітці ЗП-РПК в підвішеному стані. Слід зазначити, що жоден з відомих в даний час методів камерного або кульового спалювання не дозволяє використовувати настільки низькоякісне паливо. Низькотемпературне спалювання дозволяє домогтися істотного зниження рівня утворення оксидів азоту, а додавання в шар вапна призведе і до зниження окислів сірки.[1]

Проектування котла саме з таким видом спалювання пов'язано з необхідністю вирішення наступних основних проблем:

- створення системи паливопідготовки, що забезпечує необхідний фракційний склад палива;
- створення решітки, що дозволяє уникнути шлакування шару;
- організація уловлювання виносу і ефективного його спалювання;
- зменшення зносу поверхонь нагріву, розташованих в киплячому шарі;
- рівномірний розподіл палива по ґратах великих розмірів;
- регулювання продуктивності.

Перелік посилань:

1. Фурсов И.Д., Коновалов В.В. (АГТУ) - Конструирование и тепловой расчет паровых котлов, 2001.-191с.

НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНА КОРОЗІЯ ПОВІТРОПІДІГРІВАЧА ПАРОВОГО КОТЛА

Низькотемпературна корозія – руйнування металу труб, які знаходяться в області низьких температур відхідних газів котлоагрегату, в процесі конденсації на поверхні повітропідігрівника водяних парів і появи рідкої плівки, яка грає роль електроліту. Руйнування поверхонь нагріву парового котла викликає його завчасний знос, знижує надійну роботу котла та призводить до серйозних аварій. Отже, вивчення методів запобігання низькотемпературної корозії у котлах є актуальним і повинно бути ретельно досліджено.

Конденсація водяних парів виникає при температурі поверхні нагріву нижче точки роси, яка, в свою чергу, визначається парціальним тиском водяних парів в продуктах згоряння, який підвищується зі збільшенням вологості повітря і вмісту водню [1]. В зоні температур газів нижче 500°C починається утворення парів сірчаної кислоти за рахунок реакції SO_3 з водяними парами, які знаходяться в газовому потоці. Температура, при якій починається конденсація вологи на поверхні, називається термодинамічною температурою роси (точкою роси, $t_{m.p.}$). При наявності в газовому потоці парів сірчаної кислоти, температура конденсації (сірчаноокислотна точка роси, $(t_{m.p.}^S)$) значно збільшується і може сягати 140-160°C. Для виключення низькотемпературної корозії, необхідно мати: $t_{cm} = t_{m.p.}^S + (10-15)^\circ C$ [2].

З формули для визначення місцевої температури робочої поверхні повітропідігрівача: $t_{cm} = t_{нов} + (q/\alpha_2)$ бачимо, що при даних умовах обігріву температура стінки в найбільш холодному місці на вході в повітропідігрівач залежить від вхідної температури повітря і коефіцієнту тепловіддачі від стінки до повітря. Отже, для збільшення температури стінки необхідно збільшити $t_{нов}$ та q і зменшити α_2 . Універсальним методом запобігання газової корозії є збільшення вхідної температури повітря, що реалізується шляхом його попереднього підігріву у теплообміннику [2].

В ході даної роботи розглянуто основні методи зниження низькотемпературної корозії повітропідігрівача на прикладі парового котла Е-65-3,9-424 КЖ, що працює на пісному вугіллі (№13, марка Т, $S^p=1,7\%$) та детально описано найефективніші з них, також вивчено та обрано схему підігріву холодного повітря на вході в повітропідігрівник.

Перелік посилань:

1. Сидельковський Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий, 1988. – 521 стор.
2. Резніков М.І., Ліпов Ю.М. Паровые котлы теплових электростанций, 1981. – 237 стор.

СЕКЦІЯ №3

Сучасні технології в тепловій енергетиці

УДК 621.163.

Студент 3 курсу, гр. ТС-31 Якимчук М.О.

Проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО СТОПОРНОГО КЛАПАНА ЦВД

Выполнены расчетные исследования теплового и напряженно-деформированного состояния и малоциклового усталости корпусов аварийных стопорных клапанов (АСК) цилиндров высокого давления (ЦВД) паровой турбины К-200-130 блока 200 МВт ст. №5 СЕ «Кураховская ТЭС». ООО «Востокэнерго».

Графики указанных пусков взяты отдельно для цилиндров высокого давления (ЦВД). Турбина введена в эксплуатацию в 1973 году, имеет число пусков 1736 на начало 2006 года и наработку – 194037 часов.

Для оценки напряженно-деформированного состояния клапана проведен расчет при совместном действии температурного градиента и эксплуатационного внутреннего давления пара в АСК ЦВД.

В процессе визуального контроля и МПД корпуса клапана АСК ЦВД, была обнаружена кольцевая трещина глубиной 7 мм и продольные трещины на внутренней поверхности по обе стороны ребра жесткости глубиной 20 мм каждая. Трещины выбраны по технологии ЛМЗ.

Для учета влияния указанных выборок в корпусе клапана на тепловое и напряженно-деформированное состояние в расчетной трехмерной модели АСК ЦВД изменена геометрия в соответствии с данными заключения № 93-2006 Кураховской ТЭС от 29.05.06 г.

Как показали проведенные расчеты ТС и НДС корпуса АСК ЦВД, общий уровень суммарных напряжений возрос в целом незначительно (на 5–8%), что не оказало существенного влияния на прочность АСК ЦВД. На рис. представлены для моментов времени, в которых напряжения максимальны, поля температур и соответствующие им распределения интенсивности напряжений. Максимальные напряжения возникают при пусках из ХС и НС-2.

Они достигают 197–240 МПа в конце этапа нагрузка при пуске из НС-2 в области горла клапана и 260 МПа вначале нагрузка при пуске из ХС в области ребра в верхней зоне клапана 277 МПа. Значительные термические напряжения (порядка 340 МПа) возникают в под фланцевой зоне клапана. Общий уровень напряжений в корпусе клапана АСК ЦВД находится на уровне 87–145 МПа при пусках из ХС и 127–152 МПа при пусках из НС-2, что не превышает допустимых прочностных характеристик для данного материала.

Даны выводы и рекомендации по продлению срока эксплуатации корпусных деталей (корпусов стопорных и регулирующих клапанов) и роторов турбины К-200-130 блока 200 МВт ст. №5 СЕ «Кураховская ТЭС».

Перечень ссылок:

1. НД МПЕ України. Контроль металу і продовження терміну експлуатації основних елементів котлів, турбін і трубопроводів теплових електростанцій. -Типова інструкція. СОУ-Н МПЕ 40.17.401:2004.
2. РД 10-577-03. Типовая инструкция по контролю металла и продлению срока службы основных элементов котлов, турбин и трубопроводов тепловых электростанций.– М., 2003

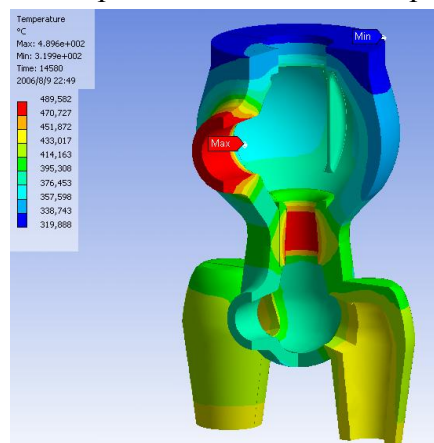


Рисунок – Тепловое напряженно-деформированное состояние и фрагмент выборки АСК ЦВД

ВОДНЕВА ЕНЕРГЕТИКА

Дві третини видобутої з-під землі тяжкою працею людей хімічної енергії палива пропадає дарма ... (радянський електрохімік академік А. Фрумкін).

Сучасні тенденції розвитку енергетики. Загальноприйнята класифікація поділяє джерела первинної енергії на комерційні та некомерційні. Прогнози споживання енергії. Зменшення енергоспоживання по відношенню до прогнозованого пов'язані, насамперед, з переходом від екстенсивних шляхів її розвитку, від енергетичної ейфорії до енергетичної політики, заснованої на підвищенні ефективності використання енергії та всілякої її економії. Ресурси, якими володіє Земля, діляться на поновлювані і непоновлювані.

Водень. Хто і коли відкрив водень. Основні характеристики. Унікальні властивості водню. Деякі особливості, які обмежують використання водню як палива та енергоносія. В даний час водень є широко застосовуваним продуктом в різних галузях промисловості. Таким чином, від розробки економічних способів отримання водню залежить подальший прогрес багатьох галузей промисловості і можливості використання водню як альтернативного палива.

Способи отримання водню. Водень може бути отриманий шляхом протікання різних за природою процесів, наприклад, термохімічних, електрохімічних, фотохімічних, фотокаталітичних, фото-електрохімічних і т.д. Обмежене використання поновлюваних джерел енергії для одержання водню пов'язано в основному з досить низькою вартістю продукту в методах, заснованих на використанні викопних палив. Промислові способи отримання водню. Сучасна технологія забезпечує щорічне отримання в усьому світі десятків мільйонів тон молекулярного водню. Більше 90% його виходить каталітичної конверсією метану, рідких вуглеводнів, газифікацією твердого палива.

Що таке воднева технологія? У чому ж привабливість водню і водневої технології? Як і з чого в даний час отримують водень? Технологія електролізу дозволяє отримувати водень і кисень з води

Портативний електролізер-фільтр переносного типу для отримання кисню і водню.
Будова і механізм роботи електролізера.

Скільки отримують водню і для яких цілей? Будинки на водні. Як це мислиться? Використання водню для побутових цілей.

Роль водню і водневої технології у кругообігу речовин у природі.

Водневі двигуни. Поки паливні елементи, при всій їх перспективності, задоволення дуже дороге. Ford, General Motors, Toyota, Nissan і багато інших компаній навперебій хизуються "паливноелементними" концепткарми і збираються ось-ось "завалити" всіх водневими модифікаціями деяких з своїх звичайних моделей.

Енергостанція, що працює на водні.

Перелік посилань:

1. <http://www.biznesideya.net/proizvodstvo-vodoroda/>
2. <http://reftrend.ru/165571.html>
3. <http://www.bestreferat.ru/referat-114302.html>
4. <http://www.findpatent.ru/patent/234/2346084.html>
5. <http://www.megawt.ru/3344-enel-zapustila-vodorodnuyu-elektrostanciyu-v-prigorode-venecii.html>
6. <http://rushkolnik.ru/docs/65/index-911402.html>

ПРОМЕНИСТА ЕНЕРГІЯ ТЕСЛИ ТА ГЕНЕРАТОР ВІЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЙОГО СУЧАСНОМУ ВИГЛЯДІ

Сучасна ситуація в Україні та світі все більше і більше відображає потребу у нових, кардинально відмінних від сучасних видах та джерелах енергії.

Однією з найефективніших, проте найменш досліджених є енергія космічного випромінювання або, як її ще називають промениста енергія.

В основі цього виду енергії лежить взаємодія Землі та космічних тіл, зокрема Сонця. В процесі отримання енергії сама Земля розглядається як конденсатор, де поверхня землі має заряд -, а іоносфера +, при цьому сама атмосфера виступає ізолятором, саме тому однією з головних умов роботи генератора є заземлення.

Її відкривачем можна назвати славетного сербського вченого Ніколу Тесла, який ідучи на десятиріччя попереду своїх сучасників передбачив її використання в побуті, та розробив основні принципи накопичення та подальшої бездротової передачі космічної енергії. Саме він провів перші експерименти по накопиченню космічного випромінювання в своїй відомій на весь світ вежі. Саме експерименти Тесли по отриманню променистої енергії пов'язують з Тунгуським метеоритом.

Промениста енергія є дешевою, невичерпною, а головне екологічно чистою, проте її дослідження гальмується, оскільки нікому не вигідно постачати майже безкоштовну енергію, яка швидко замінить такі енергоносії як газ, нафту, торф і т.д.

Вчені-ентузіасти по всьому світі використовують здобутки Тесли, а також сучасні технології для розробки та покращення так званих генераторів вільної енергії. Варто зазначити, що перші дослідні зразки таких генераторів вже розроблені та показують непогані результати в виробленні електроенергії, такі результати вже сьогодні дають нам підстави вірити в те, що незабаром кожна домівка буде енергонезалежна, а жити їх буде невеличкий генератор, який бере енергію з повітря, яке нас оточує.

Перелік посилань:

1. Генератор СЕ конструкции Dally // URL: <http://torsion.3bb.ru/viewtopic.php?id=98&p=2>
2. Генератор свободной энергии почти как у акулы // youtube URL: <https://www.youtube.com/watch?v=dyESKhuL3Yw>
3. Никола Тесла // wikipedia URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Тесла,_Никола
4. Система лучевой энергии Никола Теслы // URL: <http://tesla.do.am/publ/2-1-0-8>
5. Схемы СЕ // real strannik URL: <http://realstrannik.ru/forum/19-svobodnaya-energiya/22218-sxemy-se.html>

ГЕНЕРАТОРИ ВІЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ

У всьому світі більшість людей живуть з переконанням того, що для отримання будь-якого виду енергії необхідні витрати на покупку палива. Це може бути газ, вугілля, дрова або відходи деревини чи нафтопродукти. Великі монополії контролюють і регулюють ці процеси. Однак все більше винахідників придумують пристрої, що дозволяють отримувати енергію без процесу утилізації палива.

Одним з таких винахідників – Лестер Хендершот, який запропонував реалізувати свою оригінальну ідею на початку минулого століття. У газетах того часу заглинаючись писали про «безпаливний двигун».

Винахідник отримав технічний пристрій, який виробляло електричну енергію. Цю енергію можна було використовувати для роботи невеликого двигуна, що винахідник і зробив. Він оснастив своїм пристроєм іграшковий літак сина, який навіть піднімався в повітря і літав як – той час.

Магнітний двигун – це реально безкоштовний генератор енергії, який може ефективно замінити підключення від локальної електричної мережі, і не вимагає складної розробки. Також це безшумне джерело струму.

У магнітній конструкції не потрібні котушки самоіндукції, тому він працює практично без втрат. Магніт використовує постійне магнітне поле, в якому генерується сила руху ротора. Недоліком магніту є те, що він не може управляти потоком. Ви не зможете перемкнути магніт на резистор або реле. Але переваг набагато більше, ніж недоліків.

Енергія тесла- енергія ефіру, про яку писав Нікола Тесла, позначимо її Ет, одержувана їм за життя, за допомогою веж – дуже привабливе джерело енергії.

Найрозумніші розуми всіх часів і народів вважали, що наша планета і все, що нас оточує це величезне джерело невичерпної енергії. На початку 20-го століття багато вчених почали думати над питанням збору цієї енергії. Тоді вперше на сторінках наукових доповідей з'явився термін «вільна енергія». Сербський вчений Нікола Тесла зробив величезний внесок в цю область, але на жаль, більшість документації про досліди Тесли була втрачена. Вільна енергія дала б можливість отримати величезну кількість енергії прямо з повітря. Ціни на нафту, газ, вугілля впали б в рази, людство перейшло б в нову еру, еру безкоштовної електроенергії.

Перелік посилань:

1. Генератори вільної енергії // URL: http://neo-energy.ru/publ/tesla_generator/generator_svobodnoj_energii/5-1-0-50
2. Генератор вільної енергії Хендершота, магнітний генератор, генератор Тесла // URL: <http://www.asutpp.ru/generator/generator-svobodnoj-energii.html>
3. Нікола Тесла // wikipedia URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Тесла,_Никола
4. Створення безпаливного генератора енергії // URL: <http://kapagen.livejournal.com/>
5. Архіви за запитом – вільна енергія // URL: <http://freeteslaenergy.ru/category/%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%8B-%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%B8/>

ТЕПЛОБМІН ТА АЕРОДИНАМІЧНИЙ ОПІР ШАХОВИХ ПАКЕТІВ ПЛОСКООВАЛЬНИХ ТРУБ З НЕПОВНИМ ОРЕБРЕННЯМ ПРИ МАЛИХ ЧИСЛАХ РЕЙНОЛЬДСА

Представлені результати досліджень теплообміну та аеродинамічного опору шахових пакетів плоскоовальних труб з неповним поперечним оребрнням в діапазоні чисел Рейнольдса ($500 < Re_{d_1} < 20000$).

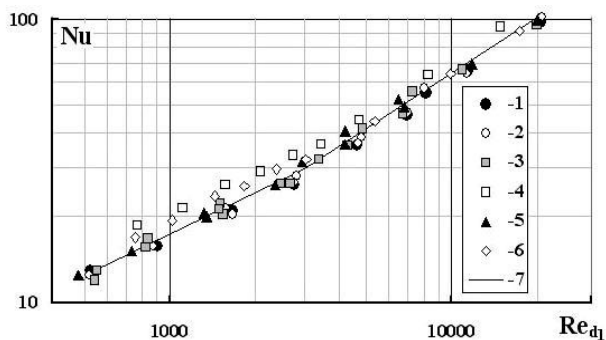
Малі швидкості (0,5–3,0 м/с) омивання теплообмінних поверхонь з оребrenних труб характерні для так званих “сухих” градирень поверхневого типу, що застосовуються у системах охолодження технічної або зворотної води. Такі системи охолодження можуть працювати як при вимушеній конвекції, так і в режимі природної тяги. Тому необхідно мати розрахункові залежності для визначення коефіцієнтів тепловіддачі та аеродинамічного опору в діапазоні малих швидкостей.

Результати досліджень теплообміну та аеродинамічного опору зображені у вигляді залежностей $Nu = f(Re_{d_1})_1$ (рис. (а)) та $Eu_0 = f(Re_{d_1})$ (рис. (б)) і достатньо добре узагальнюються степеневими залежностями $Nu = C_q \cdot Re_{d_1}^m$ (1) та $Eu_0 = C_s \cdot Re_{d_1}^{-n}$ (2).

Геометричні характеристики плоскоовальних труб з неповним оребрнням наступні: $d_1=15,0$ мм; $d_2=30,0$ мм; $h=20,0$ мм; $t=4,0$ мм; $\delta=0,8$ мм; $l=50,0$ мм.

Геометричні характеристики шахових пакетів труб:

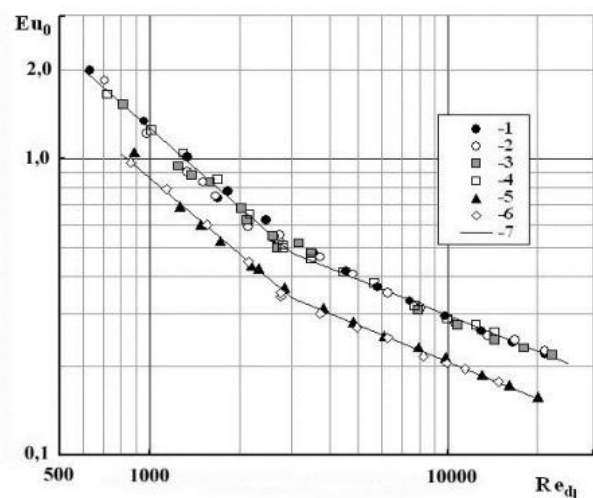
$S_1=60,0; 64,5; 86,0; 101,3; 111,3$ (мм); $S_2=60,0; 67,0; 80,0; 100,0$ (мм).



а)

Рисунок – Залежність чисел Нуссельта (а) та Ейлера (б) від чисел Рейнольдса

1 – пакет №1; 2 – №2; 3 – №3; 4 – №4; 5 – №5; 6 – №6; 7 – осереднена крива



б)

В області $Re_{d_1} < 3000$ спостерігається інша закономірність теплообмінного процесу ($m \approx 0,49$), який характеризується більш пологим нахилом (меншим m) кривої 7 (рис. (а)), а дослідні значення чисел Ейлера мають більший кут нахилу (рис. (б)). Отже, при $Re_{d_1} \approx 3000$ настає очевидна зміна режиму течії при омиванні пакетів труб.

За результатами досліджень запропоновані розрахункові залежності для визначення коефіцієнтів тепловіддачі та опору для $Re_{d_1} < 3000$. Встановлений вплив геометричних та режимних параметрів на інтенсивність тепловіддачі та опору. Розрахункові залежності рекомендовано використовувати при розробці нових теплообмінних поверхонь для “сухих” градирень та апаратів повітряного охолодження.

ГРАНИЧНІ УМОВИ ТЕПЛООБМІНУ В КОРПУСІ ЦВТ ТУРБІНИ К-200-130

Актуальність даної роботи полягає в тому, що до числа основних факторів маневреності, надійності та довговічності обладнання, відносяться нестационарні температурні і силові дії робочих середовищ, що викликають зміну їх теплового стану, напруги і малоциклову втому матеріалу конструкції, а також вібрацію, розцентрування і викривлення частин турбіни, відносні переміщення роторів і корпусів та ін.

Мета роботи полягає у дослідженні режимів роботи парової турбіни потужністю 200 МВт та визначенні граничних умов теплообміну на змінних режимах роботи енергоблоків. Розрахункові дослідження високотемпературних елементів турбоустановки К-200-130 проведені для найбільш характерних в практиці експлуатації ТЕС режимів роботи: пуск з холодного, неостиглого, гарячого станів та стаціонарний режим.

Технологічні особливості розглянутих режимів роботи турбоустановки в корпусах ЦВТ враховувалися завданням ГУ I-IV роду і силового навантаження відтиску пари на номінальному і змінних режимах роботи. На зовнішній поверхні корпусів ЦВТ задавалися умови відсутності теплообміну. Враховувався обігрів фланців горизонтального роз'єму корпусу ЦВТ шляхом завдання теплових граничних умов I-IV роду і силового навантаження від тиску пара в обнизці.

При наявності вологої гріючої пари на поверхні камери відбору і на ділянці корпусу міжциліндрового простору ЦВТ використовувалися рівняння конвективного теплообміну у вигляді:

$$\ln \frac{\alpha}{\alpha_0} = 1 + 0,0018K \operatorname{Re}^{0,4} \left(\frac{\gamma''}{\gamma'} \right)^{0,5}; \alpha_0 = 0,72 \left(\frac{\gamma^2 \lambda^3}{\mu} \right)^{0,25} \cdot \left[\frac{r}{L(T_n - T_{cm})} \right]; \quad (1)$$

$$\text{при } K = (80 \div 2700); \operatorname{Re} = (1,5 \div 2,0) \cdot 10^5.$$

Залежність тиску пари в камері регулюючої ступені на змінному режимі визначалася за формулою Стодола-Флігель:

$$P_3/P_{3\max} = (G/G_{\max}) \sqrt{\frac{(T_3/T_{3\max}) \left[1 - (P_{3\max}/P_{Z\max})^2 \right] / \left[1 - (P_3/P_Z)^2 \right]}{1 - (P_{3\max}/P_{Z\max})^2}}, \quad (2)$$

де $P_{3\max}$ і $T_{3\max}$ – тиск і температура за регулюючою ступеню на максимальному режимі роботи (при G_{\max}); $P_{Z\max}$ – тиск пари на виході з ЦВТ при максимальному режимі роботи; P_3 , T_3 , P_Z – поточні значення тиску і температури за регулюючою ступеню і тиск пари на виході з ЦВТ.

Данні дослідження показали, що температура пари в камері регулюючої ступені турбіни для неізотермічної течії, отримана розрахунковим шляхом за описаною методикою, показує, що неізотермічність вносить зміни по тисках в P-G діаграму при сопловому паророзподілі близько 9%. Розбіжність експериментальних і розрахункових даних становить близько 4%, що дозволяє використовувати запропоновану методику визначення граничних умов теплообміну - температури пару в камері регулюючої ступені турбіни – для розрахункової оцінки теплового стану ротора і корпусу на змінних режимах роботи.

Перелік посилань:

1. Теплообмен и газодинамика в камерах отбора паровых турбин / [Маляренко В.А., Голощапов В.Н., Барсуков В.А., Котульская О.В., Черноусенко О.Ю.] – К.: Наукова думка, 1991.- 240с. С.175-203.
2. Граничные условия теплообмена в камерах отбора влажно-паровых турбин / В.М. Капинос, Ю.Ф. Косяк, В.А. Палей, Л.А. Гура, О.Ю. Черноусенко // Теплоэнергетика.- 1991.- №7.- С.33-36.

ГЕЛІОТЕРМАЛЬНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА

Сонячна електрогенерація за останній час стала одним із перспективних напрямків в енергетиці, яка базується на отриманні енергії за рахунок енергії сонця. Головною перевагою такого методу вироблення енергії є відсутність шкідливих викидів. Цей процес відбувається завдяки перетворенню сонячного світла з використанням концентрованої енергії Сонця.

Геліотермальні електростанції на відміну від фотовольтаїки (прямого перетворення фотонів в електроенергію за допомогою фотоелементів), використовують сонячні колектори, які виробляються з доступних матеріалів: сталь, мідь, алюміній і т.п., тобто без застосування дефіцитного і дорогого кремнію, що дозволяє значно скоротити вартість обладнання [1]. Основні складові такої станції – лінзи, дзеркала, системи спостереження та центральна башта.

Комплекс під назвою Gemasolar (див. рис.) недалеко від Севільї (Іспанія) [2] – це перша комерційна геліотермальна електростанція (запущена у вересні 2011 р.). Він займає 30,5 га площі відведеної під сонячні геліостати. Gemasolar складається з 2650 геліостатів – дзеркал, які обертаються так, щоб спрямовувати сонячні промені постійно в одному напрямку – на башту-накопичувач енергії. Ці дзеркала розміщені навколо башти, котра акумулює енергію від сонячних променів. Потужність станції 19,9 МВт-год, що дозволяє постачати електроенергію у розмірі 110 ГВт/рік. Особливість комплексу полягає у використанні накопичувача великої ємності, у якому знаходиться сіль, розплавлена сонячними променями до температури 565 °С. Рідина, підігріта солями, генерує пару, яка обертає турбіну, тим самим виробляючи енергію. Дзеркала оснащені системами спостереження, які стежать з рухом Сонця, зберігаючи передачу віддзеркалених променів на башту. Накопичена удень енергія також використовується для вироблення електроенергії вночі, що дозволяє комплексу функціонувати цілодобово. Енергоефективність станції гарантує продуктивність на 268 діб/рік. Проект вартістю 240 млн євро є спільним проектом Іспанії та ОАЕ.

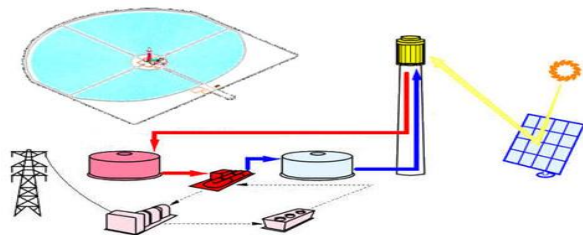


Рисунок – Технологічна схема геліотермальної електростанції Gemasolar

За повідомленням ресурсу TheVerge, в даний час найбільша в світі сонячна теплова електростанція Ivanpah, після довгих років будівництва та тестування була офіційно введена в дію 14 лютого 2014 р. Вона розташована в каліфорнійській пустелі Мохаве і складається з трьох веж висотою 140 м кожна, понад 300 тис. геліостатів спрямовують сонячне світло на колектори з водою, розташовані нагорі веж, у яких гріється вода та генерується пара, яка йде на парові турбіни. Максимальна потужність станції – 392 МВт. Станція на даний момент може генерувати близько 30% всієї сонячної теплової енергії, що виробляється в США [3].

В даний час саме сонячний нагрів води є найефективнішим способом перетворення сонячної енергії. Згідно з доповіддю Міжнародного енергетичного агентства, починаючи з 2025 року встановлені потужності будуть зростати на 200 ГВт/рік і до 2050 року до 27% енергії буде вироблятися на сонячних станціях різних типів [4].

Перелік посилань:

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_энергетика
2. www.compulenta.ru
3. <http://itc.ua/news/elektrostantsiya-ivanpah>
4. <http://ehorussia.com/new/node/9843>

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ ПРОФІЛЬОВАНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗРОШУВАЧІВ ПЛІВКОВИХ ГРАДИРЕНЬ

Робота присвячена експериментальному дослідженню теплообміну із навколишнім повітрям плівки води, що стікає по гладкій поверхні із лунками різної форми. Подібний процес теплообміну контактуючих фаз реалізується в різного роду змішувальних теплообмінниках, наприклад, у плівкових градирнях. До числа факторів, які впливають на тепловіддачу від нагрітої води до навколишнього повітря, поряд із фізичними параметрами фаз і режимами течії, відноситься також і рельєф поверхні, по якій тече рідина. Як показали дослідження теплообміну потоку газу або рідини із твердою поверхнею за останні декілька років, зміна її рельєфу суттєво відображається на теплообміні. На відміну від відомих досліджень, у представленій роботі вивчається теплообмін потоку рідини не із твердою поверхнею (стілкою каналу), а з навколишнім повітрям.

Досліди проводились на експериментальному стенді, де вода циркулювала по замкненому контуру через електродігрівач, при цьому система підтримки постійної температури забезпечувала термостабілізований режим течії рідини. Плівка води стікала по лотках із оцинкованої сталі шириною 180 і довжиною 1800 мм. Спеціально виготовлений цифровий диференціальний термометр дозволяв із великою точністю вимірювати різницю температур води на початку і в кінці лотка. Відомі значення витрати рідини та вказаної різниці температур дозволяли обчислити коефіцієнт тепловіддачі від води до повітря. В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що глибина лунок та щільність їх розташування на поверхні зрошувача впливають на тепловіддачу від води до повітря [1, 2].

На різних режимах взаємодії контактуючих фаз отримано залежності ступеня охолодження води від глибини та щільності розташування лунок. Знайдено відносну глибину сферичних лунок, а також відносну відстань між лунками, розташованими у шаховому порядку, при яких забезпечується найбільш ефективна тепловіддача. Досліджено вплив форми поглиблень на поверхні зрошувачів на теплообмін. Розглянуто та порівняно чотири форми: сферичну, циліндричну, ромбоподібну та квадратну. Встановлено, що найкращі з точки зору тепловіддачі є поглиблення у вигляді сферичних лунок. Отримано безрозмірну узагальнюючу залежність і розроблено методику розрахунку, яка дозволяє визначати ступінь охолодження води при її течії по рекомендованих поверхнях зрошувачів.

Перелік посилань:

1. Дубровский В.В. Экспериментальное исследование теплообмена пленки жидкости, стекающей по профилированной поверхности, с воздухом / В.В. Дубровский, А.М. Подвысоцкий, А.А. Шрайбер // Проблемы загальної енергетики.– 2009.– № 19.– С. 39–45.
2. Шрайбер А.А. Обобщение опытных данных по теплообмену пленки жидкости, стекающей по гладким и профилированным поверхностям, с воздухом / А.А. Шрайбер, В.В. Дубровский, А.М. Подвысоцкий // Промышленная теплотехника, 2010. – Т. 32, № 4.– С. 21–27.

УДК 620.169.1

Студентка 4 курсу, гр. ТС-21 Вовчина Ю.О.
Ст.викл., к.т.н. Нікуленкова Т.В.

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ І ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ТРУБОПРОВОДІВ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Відомо, що функціонування трубопроводів залежить від надійності стінки трубопроводу. Вважається, що відмови в роботі трубопроводу в більшості випадків пов'язані з корозійною і механічною втомою металу труби, місцевою втратою стійкості, міцності та герметичності стінки труби. Формування відмов, як правило, пов'язане з виникненням і розвитком дефектів, які зумовлені комплексом різних причин конструктивного, технологічного та експлуатаційного характеру.

Із збільшенням наробітку зростає актуальність можливості визначення умов експлуатації трубопроводів електростанцій понад парковий ресурс [1]. Такий ресурс визначається як залишковий і призначається на основі результатів індивідуального огляду окремого трубопроводу або групи однотипних трубопроводів.

Після досягнення паркового ресурсу проводиться діагностування. Основним завданням діагностування технічного стану діючих трубопроводів є виявлення виникаючих несправностей, оцінка можливості та термінів подальшої експлуатації трубопроводу при наявності зазначених пошкоджень і розробка рекомендацій щодо усунення виявлених несправностей. Також аналізуються умови експлуатації трубопроводів, вимірюються фактичні розміри, досліджується структура, властивості і накопичення пошкодження в металі, проводяться його дефектоскопічний контроль і розрахункова оцінка напруженого стану та залишкового терміну служби деталі. По результатах виконаних досліджень встановлюється індивідуальний ресурс.

Трубопроводи, що мають дефекти та перевищують допустимі значення, до подальшої експлуатації не допускаються. Такі трубопроводи можуть бути допущені до подальшої експлуатації, якщо ця можливість підтверджена Висновком спеціалізованої науково-дослідної організації.

В акті зазначаються:

- реєстраційні або позиційні номери трубопроводів;
- підприємство-власник;
- період проведення обстеження;
- прізвища та ініціали фахівців, що виконують обстеження і їх посади;
- види ремонтних робіт і результати обстеження;
- придатність трубопроводів до подальшої експлуатації із зазначенням параметрів експлуатації (дозволені: тиск, температура, середовище).

Основною метою комплексного експертного дослідження є оцінка поточного технічного стану трубопроводу, оцінка залишкового ресурсу безпечної експлуатації трубопроводів, які відпрацювали нормативний термін експлуатації, видача висновку про технічний стан і залишковий ресурс безпечної експлуатації за сукупністю діагностованих параметрів.

Перелік посилань:

1. СОУ-Н МПЕ 40.1.17.401:2004 Контроль металу і продовження терміну експлуатації основних елементів котлів, турбін і трубопроводів теплових електростанцій: Типова інструкція / Міністерство палива та енергетики України / В.Є. Добровольський - Офіц. вид. - К. : ОЕП ГРІФРЕ, 2005. - IX, 76с.

СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕРЕЖ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

На сьогоднішній день теплофікаційна мережа потребує вдосконалення. Один із варіантів – це застосування комбінованих схем, що включають ТЕЦ і теплонасосні станції (ТНС), що використовують теплоту зворотної мережної води ТЕЦ (рис.1) [1].

Для теплопостачання групи будівель, які не можуть бути підключені до існуючих мереж, споруджуються ТНС із піковим котлом 6. Частина зворотної мережної води забирається насосом 7 і подається у випарник ТНС 11, де охолоджується. Мережна вода місцевої системи теплопостачання нагрівається в конденсаторі теплонасосної установки 14, а за потреби догрівається у піковому котлі та відводиться споживачам 10.

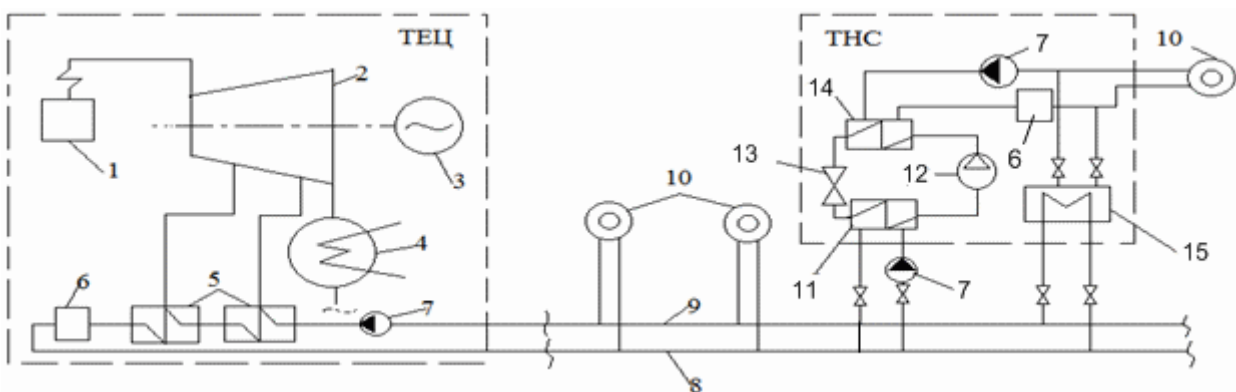


Рисунок – Схема комбінованої системи централізованого теплопостачання:

1 – енергетичний котел ТЕЦ; 2 – парова турбіна; 3 – генератор; 5 – мережні підігрівачі; 6 – піковий котел; 7 – мережні насоси; 8,9 – магістралі зворотної та прямої мережної води, відповідно; 10 – споживачі; 11 – випарник ТНУ; 12 – компресор ТНУ; 13 – вентиль ТНУ; 14 – конденсатор ТНУ; 15 – теплообмінник системи гарячого водопостачання.

Відпуск тепла від ТНС відбувається в опалювальний період. Покриття пікового навантаження зимою, коли теплоти ТНУ не достатньо, вмикається теплообмінник 15.

До переваг розглянутої схеми слід віднести: можливість підключення додаткових споживачів без порушення гідравлічного режиму теплової мережі ТЕЦ; пониження температури зворотної мережної води, що приводить до додаткового виробітку електроенергії на тепловому споживанні; зменшення кількості палива для теплопостачання нових будівель; підвищення надійності теплопостачання нових споживачів в результаті встановлення ТНС. Недоліки схеми – це збільшення витрати палива на ТЕЦ у зв'язку із додатковою витратою електроенергії на привод компресора ТНУ [2].

Перелік посилань:

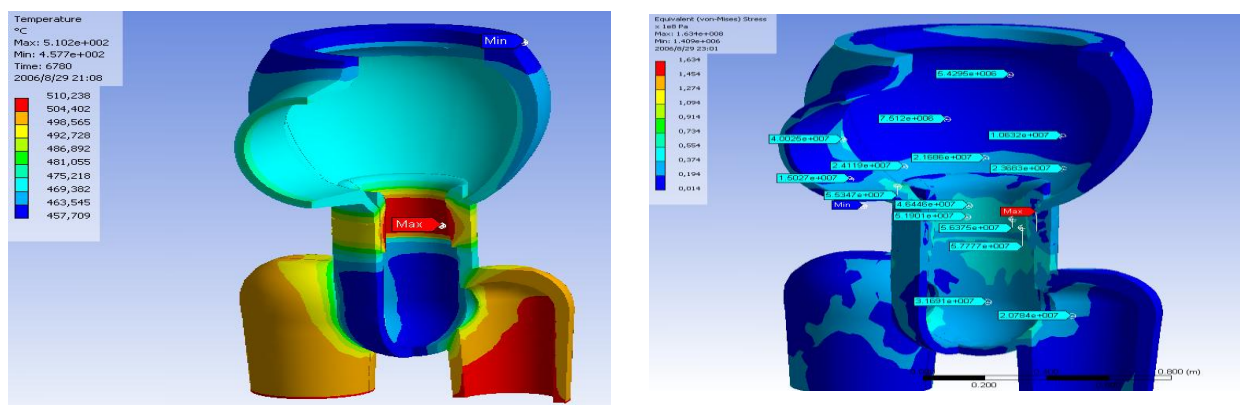
1. Ніколаєв Ю.С., Бакшеєв А.Ю. Визначення ефективності теплових насосів, використовуючих теплоту зворотної мережної води ТЕЦ // Пром. енергетика. – 2007. – Т4, №9 – С.14-17
2. Долинский А.А. Тепловые насосы в теплоснабжении / А.А. Долинский, Е.Т. Базеев, А.И. Чайка // Промышленная теплотехника. – 2006. – Т.28, №2
3. Оценка экономической целесообразности использования тепловых насосов в коммунальной теплоэнергетике Украины / [Беляева Т.Г., Рутенко А.А., Ткаченко М.В., Басок О.Б.] // Промышленная теплотехника. – 2009. – Т.31, №5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАЩИТНОГО КЛАПАНА ТУРБИНЫ К-200-130

Моделирование теплового и напряженно-деформированного состояния автоматического защитного клапана (АЗК) ЦСД производилось в трехмерной постановке с применением SOLID WOKRS и ANSYS для пространственного представления АЗК в конечно-элементном виде по нормативным документам [1–2].

Расчетная модель для АЗК ЦСД в программном комплексе ANSYS представляется в трехмерной постановке с конечно-элементной разбивкой. Расчет напряженно – деформированного состояния клапана АЗК ЦСД для режима пуска из различных тепловых состояний осуществлялся в два этапа. На первом этапе определялось начальное распределение температур в АЗК ЦСД. На втором этапе считалась нестационарная задача теплопроводности с использованием стационарного температурного поля в качестве начальных условий [3].

Расчетное поле температур и напряженно – деформированное состояние клапана АЗК ЦСД в пространственной постановке при эксплуатационных режимах НС-2, НС-1 и ХС показано на рис. 1. Необходимо отметить, что максимальные напряжения возникают при пусках их ХС и НС-2, однако они не превышают 100–167 МПа.



Рисунок– Тепловое и напряженно-деформированное состояние АЗК ЦСД при пуске из неостывшего состояния (НС-2). Нагрузка 200 МВт (113 мин.)

Результаты расчетов АЗК ЦСД показали, что общий уровень напряжений в клапане не превысил 75–90 МПа, что соответствует допустимым прочностным характеристикам для данного материала. Максимальные напряжения в корпусе клапана возникают в горловом сечении в зоне седла и под фланцем клапана. Для клапана АЗК ЦСД в процессе визуального контроля и МПД корпусов стопорных, регулирующих и защитных клапанов, который осуществляли во время расширенного среднего ремонта турбины К-200-130 блока №5 (заключение № 93-2006 Кураховской ТЭС от 29.05.06 г.), на наружных и внутренних поверхностях корпуса клапана дефектов не обнаружено.

Перечень ссылок:

1. РД 10-262-98, РД 153-34.1-17.421-98. Типовая инструкция по контролю металла и продлению срока службы основных элементов электростанций. М.: СПО ОРГРЭС, 1999.
2. РТМ 108.021.103-85. Детали паровых турбин. Расчет на малоцикловую усталость.– М.: Минэнергомаш, 1985.
3. Попов А.Б., Первалова Е.К., Сверчков А.Ю. и др. Проблема продления ресурса теплоэнергетического оборудования ТЭС // Теплоэнергетика, 2003, №4, с. 29-36.

ПОШКОДЖУВАНІСТЬ ВІД КРУТИЛЬНИХ КОЛИВАНЬ ТА ЗАЛИШКОВИЙ РЕСУРС ВАЛОПРОВОДУ ТУРБІНИ К-200-130

Ротори турбомашин піддаються впливу статичного кручення; вигину від власної ваги; температурних навантажень при перехідних режимах роботи; відцентрових сил інерції при помірних та підвищених температурах і в умовах корозійно-активного середовища.

Крутний момент створюється на колесі кожного ступеня турбомашини, підсумовується і в кінцевому перетині передається генератору. Максимальне значення крутного моменту досягається на ділянці валу між роторами низького тиску (РНТ) і генератора (РГ). Одним з основних типів коливань роторів турбомашин є перехідні коливання, що виникають від дії на ротор раптового розбалансування, короткого замикання в електричному ланцюзі за генератором або сейсмічного зрушення і коливання земної кори (землетруси). Короткі замикання на виводах генератора, за трансформатором, в лініях електропередачі, а також несинхронні включення, відключення і повторні включення генератора в мережу викликають інтенсивні змінні крутильні впливи на ротор електрогенератора, що призводить до появи крутильних коливань всього валопроводу з різними, іноді важкими наслідками.

Наряду з крутильними коливаннями зазначимо, що важливим впливом є прогин ротора по двох причинах. До першої групи причин слід віднести прогини викликані, як повзучістю, так і досягненням в ряді випадків експлуатаційними навантаженнями граничної межі текучості. До другої групи навантажень відноситься тепловий удар (захолодження), зачіпання в діафрагмених або кінцевих ущільненнях, нерівномірне охолодження ротора.

Якщо причиною остаточного прогину ротора виступає повзучість, то прогини можуть виникати навіть в результаті нормальної експлуатації. Відомо, що на початковому етапі експлуатації парової турбіни протікає процес неустановленої повзучості, який характеризується нерівномірними деформаціями повзучості на різних ділянках ротора. Тривалість цього процесу може зайняти 10% ресурсу турбіни.

Перелік посилань:

1. Черноусенко О.Ю., Нікуленкова Т.В. Комплексна схема оцінювання залишкового ресурсу роторів парових турбін великої потужності // Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування – Київ 2013.
2. Алехина С.В., Голощанов В.Н. Тепловое и термонапряженное состояние роторов паровых турбин. // Энергетика и электрификация.– 2008. – № 6.
3. Шкляр А.И., Жученко Л.А., Ермолаев В.В., Винокуров Л.А., Філіпович А.Н., Пісцов В.Ф., Максимов А.Л. Опыт повышения надежности и износостойкости элементов проточной части паровых турбин. // Теплоэнергетика. – 2007. – №4.

ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

Метою будь-якого проекту з підвищення енергоефективності житлових будинків є зменшення витрат на енергію, покращення внутрішнього мікроклімату, забезпечення більш ефективного управління і обслуговування технічних установок. Процес впровадження такого проекту включає в себе: обстеження будівлі, оцінку та аналіз існуючої ситуації, визначення потенціалу покращень, відповідних інвестицій, економії та прибутку, впровадження рентабельних енергоефективних заходів, а також ефективну експлуатацію для підтримання енергоспоживання на постійно низькому рівні, що включатиме моніторинг, аналіз даних, кваліфіковане обслуговування обладнання.

Для підвищення теплової ефективності житлових будинків, побудованих до 1991 року, був реалізований спеціальний проект, що отримав назву BEEN – Baltic Energy Efficiency Network for the Building Stock (Прибалтійська мережа енергозбереження в житловому фонді). Проект BEEN мав за ціль розробку стратегій та інструментів, що сприяли реалізації енергетично ефективною санації в житлових будинках панельної забудови. В ході реалізації проекту був визначений потенціал економії енергії за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів в житловому фонді панельних будинків.

У зв'язку з проблемою зміни клімату і підписанням міжнародних угод про скорочення викидів в атмосферу велика увага приділяється питанню скорочення викидів вуглекислого газу за рахунок проведення санації будівель. Величина можливого скорочення викидів CO₂ після проведення енергозберігаючої санації залежить від виду виробництва тепла і використовуваних енергоносіїв [1].

Реалізація проекту BEEN дозволить досягнути наступних результатів:

1. Опалення житлових будинків споживає велику кількість енергії і являється причиною високих викидів CO₂, виникаючих в процесі згорання при утворенні теплової енергії. Для опалення однієї середньої квартири в неутепленому панельному будинку необхідно 1–1,5 т рідкого палива в рік.
2. Споживання теплової енергії в панельних будинках можна скоротити приблизно в два рази за рахунок досить простих і малозатратних заходів (утеплення зовнішніх стін, заміна вікон, утеплення перекриття на підвалом, модернізація котельної, встановлення теплових лічильників тощо що призведе до скорочення викидів вуглекислого газу в середньому на 1-1,4 т на квартиру на рік.
3. З позиції енергоресурсів і зміни клімату енергозберігаючі заходи сприяють не тільки скороченню енергоспоживання та викидів CO₂, але й підвищує якість проживання [1].

Очікуване Україною входження до європейського простору передбачає прийняття загальноєвропейських правил та шляхів їх реалізації. Галузева програма передбачає гармонізацію національної нормативної бази з вимогами Євросоюзу щодо енергоефективності будівель, а також є основою реалізації «Енергетичної стратегії України до 2030 р.» в будівельній галузі. Галузева програма враховує комплексність європейських підходів щодо економії природних ресурсів, їх раціонального використання та реалізації заходів із забезпечення Кіотського протоколу [2].

Перелік посилань:

1. Шилкин Н.В., Повышение энергетической эффективности зданий в странах Прибалтики и Восточной Европы / Н.В. Шилкин // Энергозбереження.– МАРХИ: №7. – 2011, с. 17-24
2. http://journal.esco.co.ua/2012_4/art133.htm

УДК 621.43

Магістрант 1 курсу, гр. ТС-51м Дерновий Д.І.
Проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.

ПРОДОВЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РОТОРА СЕРЕДНЬОГО ТИСКУ ПАРОВОЇ ТУРБИНИ К-300-240 З ОЦІНКОЮ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ

Енергетика є важливим аспектом економіки України. Як і для будь-якої країни, з розвитком промисловості, також ростуть і потреби в енергії, не говорячи про потреби комунального сектору у теплі, а також деяких підприємств у парі. На даний момент енергетика України проходить непростий етап. Незважаючи на високий потенціал української енергетики, технічний стан встановленого на електростанціях обладнання викликає серйозне занепокоєння, що пояснюється як тривалістю його експлуатації, так і режимами експлуатації. У зв'язку з цим особливого значення набуває необхідність якісного аналізу стану устаткування електричних станцій, його ремонту, модернізації та шляхів подовження залишкового ресурсу через неможливість у сучасних умовах його заміни на нове.

У склад теплової енергетики України входять 6 енергоблоків потужністю 800 МВт (із них 5 газомазутні та 1 пилувугільний), 42 енергоблоки потужністю 300 МВт (із них 2 газомазутні), 43 енергоблоки потужністю 200 МВт та 6 енергоблоків потужністю 150 МВт.

На даний момент всі блоки потужністю 300 МВт відпрацювали свій парковий ресурс який складає 220 тис. годин при кількості запусків – 800.

Найбільше пошкоджуються ділянка високотемпературних роторів є поверхню осьового каналу в зоні перших ступенів, де мають місце максимальні температури і напруги відцентрових сил і значні термічні напруги при пусках та зупинках.

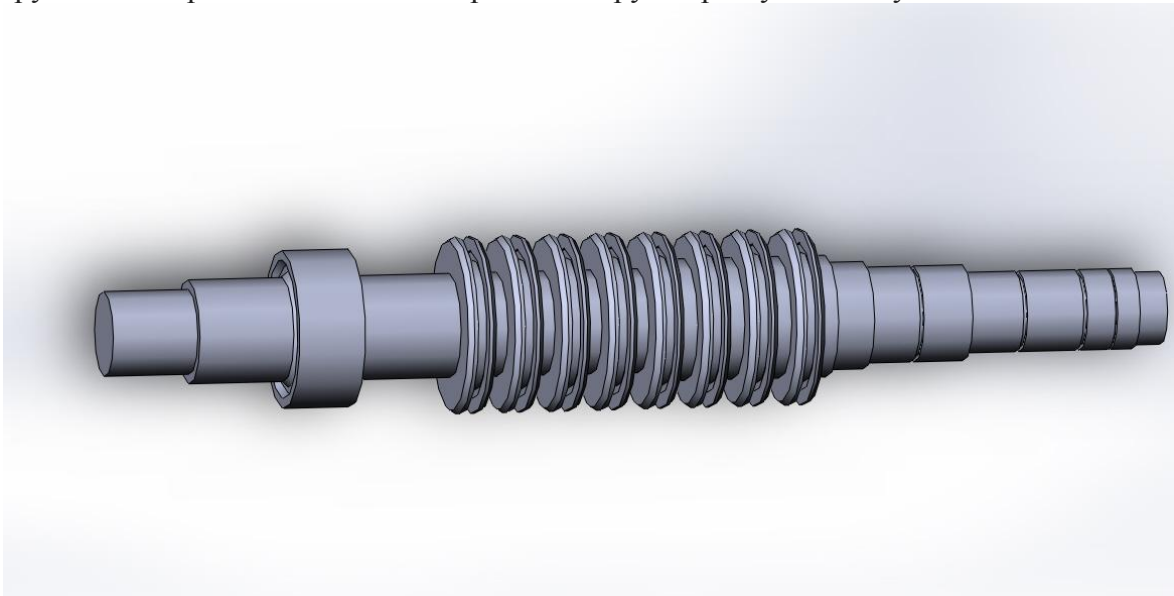


Рисунок – ротор середнього тиску парової турбіни К-300-240

В даній роботі представлено один із методів продовження ресурсу експлуатації ротора середнього тиску парової турбіни К-300-240 з оцінкою залишкового ресурсу.

Перелік посилань:

1. Трухний А.Д. Стационарные паровые турбины. М.: Энергоатомиздат, 1990.
2. Родин В.Н., Шарапов А.Г. Ремонт паровых турбин. Учебное пособие. Екатеринбург 2002

ВПЛИВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Щорічно в атмосферу Землі надходять десятки мільйонів тон шкідливих газів і пилу від теплових електростанцій (ТЕС), котельень, промислових підприємств та автотранспорту [1]. При роботі ТЕС мають місце негативні впливи на всі компоненти біосфери: атмосферу, гідросферу, літосферу. Схема взаємодії ТЕС з навколишнім середовищем представлена на рис. [2].

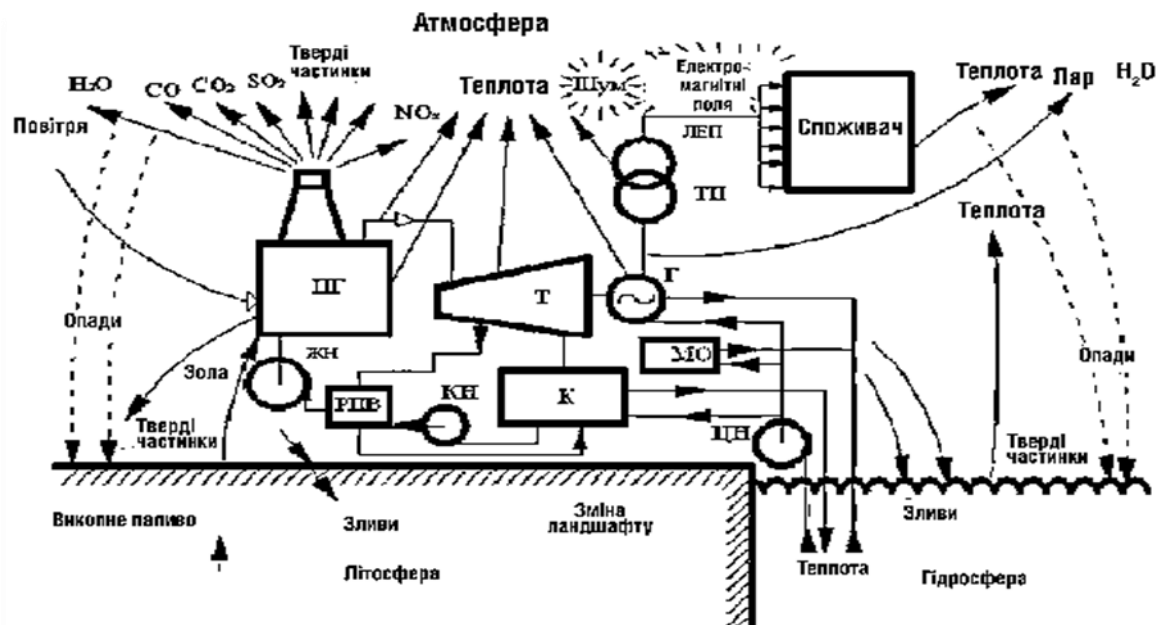


Рисунок – Схема взаємодії ТЕС з навколишнім середовищем

ПГ – парогенератор; Т – турбіна; К – конденсатор; ЦН, КН, ЖН – циркуляційні, конденсатні, живильний насоси; РПВ – регенеративний підігрів живильної води; Г – генератор електричного струму; МО – маслоохолоджувач; ТП – трансформаторна підстанція; ЛЕП – лінії електропередачі

Пилові викиди ТЕС кваліфікуються за розмірами частинок: пил – тверді частинки розміром (1–150) мкм; туман – тверді та рідкі частинки розміром (0,2–1) мкм; дим – частинки розміром (0,001–0,1) мкм; аерозолі – з розмірами часток від сотих до десятків мікрометрів.

Газові викиди – токсичні (NO_2 , SO_2 , NO , CO), нетоксичними (CO_2 , H_2O). Всі трьохатомні гази належать до парникових газів які характеризуються селективною поглинальною здатністю в інфрачервоній області теплового випромінювання та сприяють створенню парникового ефекту. Негативний вплив оксидів азоту на навколишнє середовище дуже значний і тривала дія навіть невеликих концентрацій NO_x в повітрі збільшує кількість респіраторних захворювань, негативно впливає на рослинний та тваринний світ. Вміст сірки S^p у вугіллі Донецького басейну складає (1,6–2,7)%, в мазуті (0,3–2,8)% [3].

Перелік посилань:

1. Аникеев В.А., Копп И.З., Скалкин Ф.В. «Технологические аспекты охраны окружающей среды». – Л.: Гидрометеиздат, 1982.– 255с.
2. Енергетика / [електронний ресурс]/ - режим доступу: <http://energetika.in.ua/>.
3. Тепловые и атомные электростанции: т.№4 Справочник / Под общ. ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина.– М.: Энергоиздат, 1982. – 624 с., ил. – (Теплоэнергетика и теплотехника).

УДК 621.43

Студент 2 курсу, гр. ТС-41 Задорожня А.О.
Асист. Шелешей Т.В.

РЕКОНСТРУКЦІЯ ЕНЕРГОБЛОКІВ ТЕС – ШЛЯХ ДО РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

Надійне електропостачання Європи може бути забезпечено тільки при правильному енергетичному балансі. З ростом частки нерегульованих поновлюваних джерел енергії – таких як вітер і сонце – також необхідна наявність економічно конкурентоспроможних пиловугільних і парових електростанцій. Заміна старих неефективних електростанцій сучасними з високим ККД може стати ефективним засобом захисту клімату, а також фактором економії обмежених ресурсів викопного палива.

Майбутній розвиток електроенергетики країн ЄС ґрунтується на використанні парогазових, пиловугільних і вітрових станцій. Однак програми розвитку енергетики не знаходять широкого застосування. Причинами цього є:

- різке збільшення вартості обладнання;
- важка фінансова ситуація через фінансову кризу;
- труднощі оформлення дозволу і проведення робіт;
- недостатня підтримка громадськості;
- недостатня якість будівництва, що приводить до зростання вартості і дотримання графіків будівництва.

Науковий аналіз проблеми впровадження технологій ефективного виробництва електричної і теплової енергії свідчать: все ще існують можливості значного підвищення економічності теплової схеми і обладнання існуючих ТЕС, перш за все шляхом удосконалення:

- схеми турбоустановки, що забезпечить зниження питомої витрати теплоти на 1–3%
- парової турбіни, що буде сприяти зниженню питомої витрати теплоти на 3–5%
- допоміжного обладнання енергоблока, що сприяє зниженню питомої витрати теплоти на 2,5–3%

Розглянемо ТЕЦ Kozienice, яка є найбільшою теплоелектростанцією Польщі. На сьогодні усі енергоблоки пройшли реконструкцію, що призвело до збільшення загальної потужності ТЕС до 2095 МВт.

Усі існуючі енергоблоки ТЕЦ Kozienice оснащені вугільними барабанными котлами з твердим шлаковидаленням і паровими турбінами, розрахованими на докритичні параметри водяної пари. Оснащення котлів ТЕС низько-емісійними пальниками компанії Rolls-Royce дозволило досягти викидів оксидів азоту не вище 200 мг/м³. Майже усі електрофільтри ТЕС Kozienice пройшли реконструкцію спрямовану на дотримання європейським нормативів викидів.

Особливістю ТЕС Kozienice є також спільне спалювання з вугіллям значної кількості біомаси. Частка біомаси в паливному балансі блоків 200 МВт становить близько 10%. Вона зберігається в окремому місці, змішується з вугіллям перед дробаркою, після якої паливна суміш направляється в млини, а потім – в котел. Це дає ТЕС певні переваги в енергоринку як виробнику «зеленої» енергії.

Перелік посилань:

1. Новые ТЭС в Европе – состояние и перспективы // Новини енергетики. – 2013. – № 6. – С. 26-31.
2. Тепловая энергетика – новые вызовы времени / Под общей редакцией П. Омеляновского, И. Мысака. Львов: НВФ «Українські технології», 2010.– 690с.

ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СИРОВИНИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Рослинні відходи мають дуже високу теплотворну здатність, являючись хорошим, екологічно чистим матеріалом (сировиною) для виготовлення палива. Проведено дослідження теплоти згорання і теплотворної здатності з наступними типами сировини: тирсою ялини, соломою, папером, вугіллям і корою (дуб, береза, вільха, верба і кора сосни). Отримано наступні дані, що представлені в табл. і на рис. (для сухої маси палива).

Досліджуваний матеріал		Теплота згорання, [МДж/кг]	Теплотворність, [МДж/кг]
Тирса ялини		18,89	17,58
Солома	житня	17,78	17,12
	ріпакова	19,14	17,82
Гречане лушпиння		20,12	18,76
Папір (макулатура)		17,05	16,39
Деревне вугілля		31,55	30,23
Кора	дубова	19,05	17,51
	березова	23,37	21,86
	вільха	21,73	20,31
	вербова	18,19	16,76
	соснова	21,08	19,66

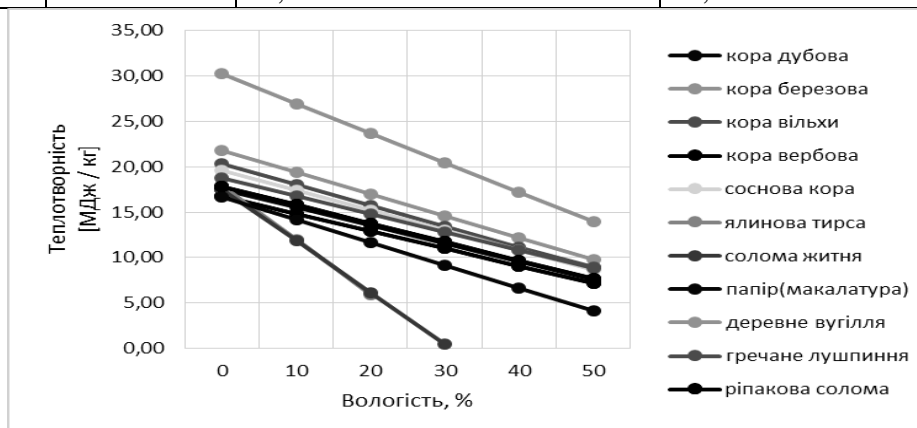


Рисунок – Залежність теплотворності від вологості сировини

Результати цього дослідження показують, що рослинні відходи характеризуються високою теплотою згорання. Найбільший показник теплоти згорання був зафіксований для деревного вугілля – 31,55 МДж/кг (30,23 МДж/кг) і найменший – при згоранні паперу – 17,05 МДж/кг (16,39 МДж/кг). Для порівняння – теплотворна властивість становить вугілля 27–33 МДж/кг, бурого вугілля – 27–33 МДж/кг, дизельного палива – 41–46 МДж/кг, газів – 35–49 МДж/кг.

Перелік посилань:

1. Новітні технології біоконверсії: Монографія / Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуша, П. Григорюк, В.О. Дубровій, А.І. Ємець, Г.М. Забарний, Г.М. Калетнік, М.Д. Мельничук, В.Г. Мироненко, Д.Б. Рахметов, С.П. Циганков. — К: «Аграр Медіа Груп», 2010. — 326 с.
2. Kurkela, E. Development and commercial ization of biomass and astegasification echnologies from reliable and robust cofiring plants to ward ssynthesis gas production and advanced power cycles / E. Kurkela, M. Nieminen, P. Simell // Proc. Of Second World Biomass Conference, 10 — 14 May 2004. — Rome, Italy. — P. 10—15.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОТЕЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ЗА РАХУНОК РЕЦИРКУЛЯЦІЇ ДИМОВИХ ГАЗІВ

Значна частка природного газу в Україні використовується для отримання теплової енергії на підприємствах комунального господарства, шляхом спалювання в теплофікаційних водогрійних котлах. Майже всі котли відпрацювали свій ресурс і потребують відповідної модернізації з метою подовження терміну їх подальшої експлуатації. Одним з типових представників таких котлів в діапазоні потужностей від 35 та 150 МВт є прямоточні теплофікаційні водогрійні котли ПТВМ-30М та ТП-47.

Аналіз можливих методів подовження ресурсу топкових екранів показує, що дорогі методи подовження ресурсу котлів є недоцільними, тому що витрати на їх впровадження співрозмірні з вартістю основного обладнання.

Як показали відповідні дослідження, одним з можливих напрямків підвищення надійності високотемпературних елементів котлів – це зниження максимальних температур в топковій камері насамперед у факелі на відстані 2-3 калібри від пального пристрою. Цього можливо досягти різними шляхами, серед яких ефективним методом зниження температури в топковій камері та зменшення локальних теплових потоків є рециркуляція димових газів. При застосуванні такого методу, подовжується термін експлуатації топкових екранів та зменшується утворення оксидів азоту при спалюванні газу та мазуту в котлах, що оснащені димососами рециркуляції [1].

В «Інституті газу» НАН України проведено комплекс досліджень, щодо впливу ступеня рециркуляції димових газів на характеристики котлів ПТВМ-30 та ТП-47. Показано, що вплив рециркуляції на рівень максимальних температур і утворення оксидів азоту в топковій камері більш інтенсивний при відносно малій кількості газів рециркуляції $r < 10\%$. Так, при рециркуляції димових газів $r \approx 8\%$ ККД котла ПТВМ-30М знижується на 0,4–0,8%, в той же час при цьому кількість оксидів азоту зменшується на 10–15%. Таким чином, на 1% газів рециркуляції припадає втрата ККД 0,075% і досягається 3% зниження викидів NO_x .

При вирішенні питання подовження ресурсу існуючих котлів, що відпрацювали свій ресурс, можна ці котли розбити на три групи. В першу групу входять котли, в яких основні елементи мають залишковий ресурс. Для приведення їх до сучасного рівня потребується не більше 50 % вартості нового котла і у піковому режимі котельня несе навантаження більш, ніж $2/3$ встановленої потужності. В цих котлах необхідно встановлення удосконалених пального пристроїв і використання рециркуляції димових газів. Якщо основні елементи котла мають залишковий фізичний ресурс і котельня несе навантаження менш, ніж $2/3$ встановленої потужності, крім засобів підвищення ефективності котлів доцільно пере маркування котлів на потужність у 60–70% від номінальної. Якщо основні елементи котлів мають незначний залишковий фізичний ресурс необхідна заміна на більш сучасний котел, тому що вартість реконструкції співрозмірна з установкою нового котла.

Перелік посилань:

1. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива.– Л.: Надра, 1988.– 313 с.

ПРОВЕДЕННЯ КОНТРОЛЮ СТАНУ МЕТАЛУ ТУРБІН НЕРУЙНІВНИМИ МЕТОДАМИ

Розвиток науки створив умови для появи нових методів діагностування та удосконалення старих, що дозволяє на даний момент отримувати майже повну інформацію про стан об'єкта в найкоротші терміни, тобто уникнути простою об'єкта. Існуючі методи неруйнівного контролю широко застосовуються на електростанціях та направлені на пошук і виявлення розвинених тріщин та інших дефектів енергетичного обладнання.

При тривалій експлуатації високотемпературного обладнання виникають пошкодження або порушення працездатності його елементів навіть при відсутності дефектів виготовлення і дотримання правил експлуатації. Це обумовлено такими особливостями як: корозійна активність середовища; високі температура, тиск і швидкість потоків; наявність температурних деформацій і складного напруженого стану металу обладнання. Вплив вказаних факторів впродовж тривалого часу визиває пошкодження металу, а саме розвиток дефектів на поверхнях навантажених елементів обладнання.

Контроль технічного стану металу турбіни виконується наступними основними неруйнівними методами згідно з вимогами діючих нормативних документів з методів контролю: візуальним та вимірювальним; радіографічним; капілярним; вимірюванням твердості; травленням; ультразвуковим та ін. У зв'язку з досить великою вихідною різномірністю металу роторів парових турбін при визначенні причин пошкодження важливо оцінити стан структури і рівень властивостей металу. Одержати точну інформацію про стан металу безпосередньо в зоні тріщини важко.

Система критеріїв оцінки надійності металу корпусних деталей турбін, які відпрацювали більше 200 тис. год., значно відрізняється від критеріїв, які застосовуються стосовно металу в стані поставки, а саме:

- вимоги до короткочасної і відповідно до довготривалої міцності металу істотно нижчі, тому що величина очікуваного залишкового ресурсу майже в 2 рази менше вже відпрацьованого;
- додаються вимоги за рівнем тріщиностійкості в робочому діапазоні температур;
- виникає потреба в оцінці пошкодження від експлуатаційного навантаження, а саме визначення числа і розміру мікропор, що виникають в умовах повзучості [1], а також визначення максимальної глибини тріщини і фактичної середньої швидкості росту тріщини за міжремонтний період [2].

Щодо деталей, які відпрацювали 220–270 тис. год, особливо якщо на них залишаються тріщини, доцільно вжити різних заходів для зниження рівня діючих напружень, які розробляються фахівцями зі змінних режимів турбінних установок.

Перелік посилань:

1. Ланин А.А. Прочность и долговечность конструкций при ползучести / А.А. Ланин, В.С. Балина – С-Петербург: Политехника, 1996.
2. Берлянд В.И. Оценка полного и межремонтного ресурсов модернизированных корпусов ЦВД турбин К-200-130 ЛМЗ по критериям малоциклового усталости и трещиностойкости / В.И. Берлянд, А.А. Глядя, В.С Балина и др. // Теплоэнергетика. – 1991.– № 8.– С. 54.

УДК 621.438.056:662.951.

Магістрантка 2 курсу, гр. ТС-41м Кондрацька М.А.

Доц., к.т.н. Бутовський Л.С.

ОСОБЛИВОСТІ МІКРОФАКЕЛЬНОГО СПАЛЮВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ГАЗОВИХ ПАЛИВ ЗА СТАБІЛІЗАТОРОМ

Україна відноситься до держав, які в значній мірі імпортують паливно-енергетичні ресурси, зокрема, природний газ, основною складовою якого є метан. Тому довгострокова стратегічна політика України має бути спрямована на раціональне використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії, зокрема природного походження (наприклад, шахтний метан), так і штучні гази ряду газифікованих виробництв (доменний газ, коксовий газ, тощо). Практичне використання можливого енергетичного потенціалу цих газів обмежене негативним впливом на процес горіння баластних домішок (CO_2 , повітря, N_2 , тощо), а також відсутністю, в зв'язку з цим, відповідних ефективних паливних пристроїв для спалювання таких газів [1].

Проведено аналіз умов реалізації стабільного горіння гомогенних горючих сумішей з врахуванням концентраційних границь запалювання, характеристик розповсюдження полум'я, а також визначені особливості розвитку вільного та обмеженого дифузійного газового факела нерухомому середовищі, в ламінарному та турбулентному потоці та дифузійного факела при примусовій подачі палива та окисника в зону горіння за стабілізатором. Встановлені принципи взаємозамінності газових палив по тепловій потужності при мікрофакельному спалюванні газів за стабілізатором.

Як показують проведені дослідження, наявність баластних домішок призводить до зменшення теплоти згорання палива, зменшення швидкості горіння (швидкості нормального розповсюдження полум'я), звуження концентраційних меж запалення факелу. Крім того, на розробку засобів спалювання впливає як середній склад самого альтернативного палива, так і зміна цього складу в процесі експлуатації обладнання. На дослідному стенді кафедри ТЕУ Т та АЕС були проведені дослідження по мікрофакельному спалюванні альтернативних газових палив за стабілізаторами при різних схемах подачі газу. Було проведено дослідження характеристик горіння горючих газів на основі метану і пропан-бутану з добавкою таких складових як повітря та CO_2 .

При проведенні випробувань було встановлено, що баластування палива повітрям призводить до зменшення довжини факелу за стабілізатором. Баластування палива баластними домішками також звужує межі сталого горіння.

В роботі визначено граничні концентрації баластних домішок в паливі, при яких стає горіння факелу за стабілізатором стає неможливим. В таких випадках для стабілізації факелу забаластованих газових палив і організації сталого горіння була використана схема з подачею додаткового високо реакційного палива з окремого колектора. При цьому струмені забаластованого палива взаємодіють з черговими факелами високотемпературних продуктів згорання додаткового палива.

Перелік посилань:

1. Г. Морган, В. Кан. Влияние инертных разбавителей на скорость распространения и температуру пламени // Вопросы горения и детонационных волн. – М.: Оборонгиз, 1958. – С. 219 – 224.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В УКРАИНЕ

Ветроэнергетика – это отрасль энергетики, специализирующейся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую или другие удобные для использования виды энергии.

На сегодняшний день возобновляемая энергетика в общем энергобалансе страны, включая большую гидроэнергетику, составляет порядка 7%.

На территории материковой Украины находится 13 ветроэлектростанций (ВЭС), общая мощность которых 426 МВт, а на территории оккупированного Крыма – 9, мощностью 87 МВт.

По оценкам специалистов, потенциал Украины в этой области равен 30 млрд кВт/час в год [1]. Особенно благоприятные условия для развития ветроэнергетики в районах, где скорость ветра равна или превышает 5 метров секунду: на Азово-Черноморском побережье, в Одесской, Херсонской, Запорожской, Николаевской областях и в районе Карпат.

Основными преимуществами использования энергии ветра является содействие становлению энергетической независимости Украины и экологичность с точки зрения вредных выбросов в окружающую среду.

Но, наряду с преимуществами есть и ряд значительных недостатков. Одним из основных являются низкочастотные колебания, поэтому размещение ВЭС вблизи населенных пунктов категорически запрещается. По оценкам экспертов, пригодными для использования ВЭС в Украине являются порядка 8-9 тыс. квадратных километров, однако при массовом строительстве ветряков большая часть этих территорий станет непригодной для проживания.

Сегодня говорить о масштабном строительстве ветряков не приходится, ветрогенератор – удовольствие не из дешевых. Цена бытового ветрогенератора мощностью около 1500 Вт, который подходит для установки в домах площадью около 100 квадратных метров, стартует с приблизительно 2 тысяч долларов. Срок окупаемости промышленных ВЭС на сегодняшний день колеблется от 3 до 8 лет, а бытовой ветроэлектростанции — от 8 лет и больше.

В пользу развития ветроэнергетики в Украине выступает ужесточение экологических норм по количеству вредных выбросов в атмосферу. Так, в 2014 году за счет выработки «зеленой» электроэнергии в национальную сеть удалось сократить выбросы CO₂ в атмосферу более чем на 500 тыс.т [2]. Необходимо подчеркнуть, что не смотря на тяжелую экономическую ситуацию, в 2015 году введена в эксплуатацию Самборская ВЭС (6,6 МВт) во Львовской области и достроено 10 МВт (4 турбины по 2,5 МВт) к Очаковской ВЭС (Николаевская область).

Перечень ссылок:

1. <http://www.biowatt.com.ua/analitika/perspektivy-razvitiya-vetroenergetiki-v-ukraine/>
2. <http://energynews.com.ua/news/5109>

ВИКОРИСТАННЯ ШАХТНОГО ГАЗУ

Загострення економічної ситуації в країні примусило шукати нові альтернативні джерела енергії. В умовах дефіциту вуглеводневих палив, одним із шляхів розвитку і зменшення зовнішньої залежності може стати використання шахтного метанового газу.

Світові запаси шахтного газу в гірській породі перевищують запаси природного газу. Експерти прогнозують, що ця цифра складає 260 трлн. кубометрів. Найбільш загазовані шахти у Китаї, США, Австралії, Індії, ЮАР та Польщі [1].

Масштабне добування газу з вугільних пластів ведеться в США, де створена та функціонує на достатньо високому рівні ця промисловість. Розроблена технологія, яка дозволяє видобувати до 80% метану, що міститься в гірській породі.

В Україні це альтернативне паливо можна використовувати для задоволення власних потреб. Незважаючи на те, що запаси даного типу газу в Україні оцінюються на рівні 12–13 трильйонів метрів кубічних, його практичний дебіт в процесі дегазації шахт в 2012 році склав 370 млн м³, з яких утилізовано всього 160 млн м³.

Концентрація метану у складі відведених із шахти газів може варіюватися від 25% до 40% від об'єму і залежить від місця добування, марки вугілля та герметичності газовідвідної системи. Тому теплота його згорання невелика і становить 8,4-13,5 МДж/м³.

Найбільш ефективна технологія видобутку шахтного газу дозволяє отримати концентрацію метану близько 40%, і реалізується вона методом поверхневого буріння. Рівень розвитку сучасної бурової техніки дозволяє за 8–9 місяців розробити свердловину для відкачування газової суміші із вугільних пластів глибиною залягання до 1 км. Досліджено, що цим методом можливо відкачувати з вугільного родовища до 90% сорбованого в ньому метану [2].

Енергетичні характеристики шахтного метанового газу дозволяють використовувати його як органічне паливо, проте основні труднощі пов'язані з глибиною залягання пластів. У разі застосування шахтного метану в якості палива для двигунів внутрішнього згорання необхідно забезпечити подовжений ресурс та стабільність роботи обладнання при змінній концентрації метану в паливі.

Використання метану зменшить його викид в атмосферу, оскільки він є одним із факторів який викликає парниковий ефект.

Використання шахтного метану суттєво не вплине на задоволення потреб країни в природному газі, але це представляє комерційний інтерес для власників шахт, так як за рахунок підвищення безпеки шахтних робіт можливо частково задовільнити власні потреби у вигляді електричної і теплової енергії.

Перелік посилань:

1. http://www.kpi.kharkov.ua/archive/Наукова_періодика/Dvs/2007_1/2.PDF.
2. https://uk.wikipedia.org/wiki/Гази_вугільних_родовищ.

Аспірант Мельниченко Т.В.
Доц., к.т.н. Абдулін М.З.

АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ГАЗОПОДІБНИХ ВИДІВ ПАЛИВА В ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНОМУ КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ

Паливо-енергетичний комплекс (ПЕК) відіграє важливу роль як у світовій економіці, та і в економіці кожної країни. Основними первинними джерелами енергії ПЕКУ в сучасному світі є нафта – 41%, вугілля – 30%, природний газ – 23,2%, гідроенергія – 1%, а також швидко зростає значення атомної енергії – 3%. Частка решти джерел, що відносяться до альтернативних (деревина, торф, енергія сонця, вітру, геотермальна енергія тощо) у загальному енергоспоживанні становить лише кілька відсотків. Щоправда, в окремих країнах вони мають істотне значення для енергопостачання: наприклад: в Ісландії — гарячі термальні джерела, Фінляндії — це деревина. А для України таким паливом можуть стати альтернативні гази: доменний, коксовий, генераторний, біогаз, синтез газ та інші.

Розглянувши дане питання більш детально, можна впевнено сказати, для того, щоб ефективно замінити часткове використання природного газу альтернативними, необхідно провести глибокий аналіз, а також експериментальні дослідження.

На початку важливо встановити, які альтернативними газоподібними види може використовувати Україна. Чи є сировинна база? Чи доцільно використовувати той чи інший газ, з точки зору екологічності, ефективності та економічності?

Для вище названих газоподібних палив сировинними базами є: відходи деревинної промисловості, відходи сільськогосподарських підприємств, буре і кам'яне вугілля, попутно отримувани гази під час виробництва.

Основними показниками газоподібних палив – є склад, густина, теплотворна здатність, стехіометричний коефіцієнт. Наприклад порівняємо генераторний газ (отриманий з відходів деревинної промисловості) і природний газ:

Склад генераторного газу CH_4 – 3%, CO – 21%, H_2 – 15,8%, CO_2 – 10%, N_2 – 50,2%, коли природний - CH_4 – 97% інше домішки; густина генераторного – $1,069 \text{ кг/м}^3$, а у

природного – $0,747 \text{ кг/м}^3$; стехіометричний коефіцієнт для генераторного $1:1 \frac{\text{м}^3 \text{ газу}}{\text{м}^3 \text{ повітря}}$,

коли у природного – 1:9,8 ;теплотворна здатність генераторного $5,43 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^3}$, а у природного

– $34,7 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^3}$.

Тільки після того, як будуть проаналізовані характеристики палив, їхні механізми горіння, проведені експерименти робочих процесів кожного, буде доцільним використання альтернативних видів газоподібних палив.

Перелік посилань:

3. М.З. Абдулін, Г.Р. Дворцин, А.М. Жученко, А.А. Сирый. Оптимизация гидротермических процессов – основа высокоэффективного сжигания топлива.– К.: Единое инновационное пространство, 2013.– 121 с.

4. Абдулін М.З. Створення нових технологій горіння, які забезпечують зниження витрат палива та низьку емісію шкідливих викидів доквілля. –К.: Комунальна теплоенергетика України: Стан проблеми шляхи модернізації, №1., 2007.- 241 с.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОЛЯ ТЕМПЕРАТУР ГАЗІВ В СТАБІЛІЗАТОРНИХ ПАЛЬНИКОВИХ ПРИСТРОЯХ

Характеристики циклу теплосилової установки, в тому числі газотурбінної, крім інших факторів в значній мірі залежать від величини температури підводу тепла в циклі, а, значить, від досконалості організації процесу горіння та сумішоутворення в пальному пристрою, а саме, від характеристик формування температурного поля в топковому пристрою. Втрати теплоти в циклі внаслідок відхилення профілю поля температур від розрахункового призводять до зменшення середньої температури газів і зменшенню коефіцієнта корисної дії установки [1]. Цей висновок є особливо справедливим для високотемпературних пальному пристроїв, де матеріали, які використовуються, працюють на межі термічної міцності. В свою чергу, підвищення рівномірності температурного поля газів дозволяє підвищити питому та абсолютну витрату палива.

Нерівномірність поля температур газів може бути викликана різними факторами. Одним з них може бути газодинамічна асиметрія повітряного потоку перед пальному пристроєм, яка викликає в результаті відхилень в конструкції повітряного трубопроводу, повороту потоку, місцевого стиснення потоку ребрами, стойками, трубопроводами підведення палива до пальному пристрою або масла до підшипників. Нерівномірність поля температур може привести до місцевого перегріву окремих деталей, особливо при обмеженні витрати повітря на охолодження. Крім того, внаслідок різної щільності та швидкості потоків газів можуть виникати небезпечні пульсації потоку, які впливають на елементи пальному пристрою і можуть викликати вібрації, коливання і руйнування установки. Нерівномірність поля температур також впливає на швидкість окиснення матеріалу і термін їх експлуатації.

В зв'язку із складністю, а часом неможливістю одержання ідеально рівного поля температур на обмеженій довжині топкового простору на практиці допускається певна нерівномірність температурного поля, яка у багатьох випадках має вигляд:

$$\delta_t = \frac{T_{\max} - T_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}} - T_{\text{п}}},$$

де T_{\max} , $T_{\text{ср}}$, $T_{\text{п}}$ – відповідно максимальна і середня температури газів в деякому перерізі топкового простору і температура повітря на вході в пальному пристрій.

Як показують розрахунки, зменшення величини δ_t від 0,14 до 0,04 призводить до зменшення енергетичних втрат внаслідок нерівності температурного поля в 3–4 рази [2]. В результаті проведених досліджень встановлено, що на профіль температур вздовж стабілізатора в значній мірі впливає турбулентний обмін в зоні рециркуляції за стабілізатором і характер розподілу витрати палива вздовж колектора-стабілізатора. В поперечному перерізі на поле температур впливають коефіцієнт надлишку повітря і коефіцієнт затінення пальному пристрою.

Перелік посилань:

1. Пчелкин Ю.М. Камеры сгорания газотурбинных двигателей.– М.: Машиностроение, 1973.– 392с.
2. Любчик Г.Н. Система показателей эффективности камер сгорания ГТУ // Теплоэнергетика, 1975, №12.– с. 47-52.

МЕМБРАННІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Очищення стічних вод є надважливим для будь-якої країни світу, нехтування яким може призвести до екологічних катастроф. Проблема очищення стічних вод особливо актуальна для України, де через застосування морально застарілих технологій більшість стоків характеризуються високим рівнем хімічного і біологічного забруднення [1].

Тому в даний час для зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище багато уваги приділяється питанням інтенсифікації процесу очищення природних та стічних вод, модернізації технології та розроблення нових ефективних методів, що дозволить вдосконалити існуючі технології обробки води, скоротити трудомісткі процеси приготування та дозування реагентів, зменшити витрати на експлуатацію очисних споруд, збільшити їх продуктивність, підвищити якість очищеної води [1].

Постійно ведеться інтенсивний пошук найбільш економічних і високоефективних способів очищення стічних вод. Характерною рисою є поєднання класичних методів очищення (механічний, фізико-хімічний, біологічний) з новими (зворотний осмос, ультразвук, ультрафіолет, ультрафільтрація, електродіаліз тощо) [2].

Однак, установки зворотного осмосу (УЗО) лише починають використовуватися в енергетиці України і мають великий потенціал для вдосконалення (рис.).

Впровадження УЗО забезпечує проектну продуктивність і високу якість фільтрату. Однак особливу увагу при експлуатації установок зворотного осмосу слід приділити попередньому очищенні води перед подачею її на мембрани – від цього залежить надійність роботи установки.

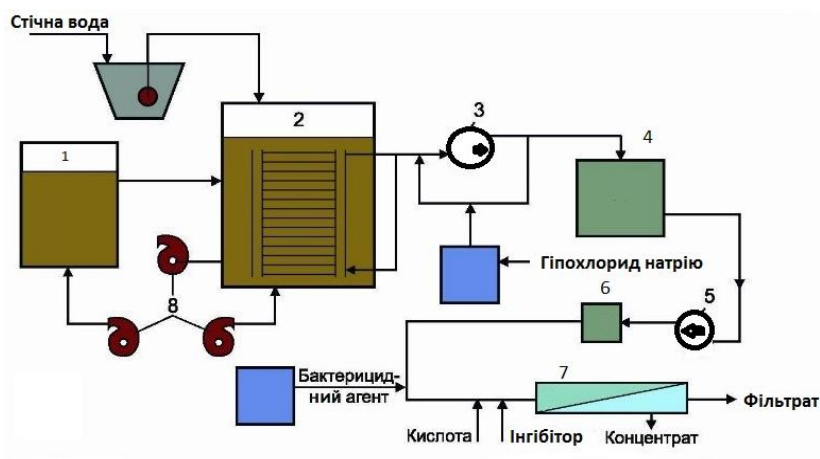


Рисунок – Технологічна схема УЗО очищення стічних вод:

- 1 – аеротенк;
- 2 – мембранний реактор; 3 – вакуум-насос; 4 – проміжний резервуар; 5 – насос;
- 6 – передфільтр;
- 7 – зворотньоосмотичний модуль;
- 8 – повітродувки.

До основних переваг мембранних методів відносять:

- зменшення капітальних витрат на обладнання зворотного осмосу;
- при очищенні стічної води за допомогою мембранних технологій скорочується обсяг споруд біологічного очищення;
- мембранні установки компактні, прості у експлуатації.[2]

Перелік посилань:

1. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: / під ред. А.К. Запольський. – К.: Вища школа, 2005.– 672 с.
2. Кременевская Е.А. Мембранная технология обессоливания воды – Москва Энергоатомиздат, 1994.– 160 с.

ТЕХНОЛОГІЯ ПІДЗЕМНОЇ ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГІЛЛЯ

Підземна газифікація вугілля (ПГУ) являє собою промисловий процес, що відбувається під землею в незайманих вугільних пластах, результатом якого є перетворення вугілля в синтез-газ. Фактично, ПГУ це – фізико-хімічний процес перетворення вугілля в горючі гази за допомогою вільного або пов'язаного кисню безпосередньо в надрах землі. При цьому вугілля в пласті, під землею, перетворюється в горючий газ (газ підземної газифікації, генераторний газ, штучний газ), що володіє достатньою калорійністю для енергетичного і технологічного використання.

Основні переваги технології ПГУ:

- економічна привабливість, собівартість газу ПГУ помітно нижче видобутку природного газу;
- досить високий ступінь екологічної безпеки;
- забезпечення ефекту «газозбереження», що виражається в заміщенні газом ПГУ на ТЕЦ і в котельнях, які використовують природний газ.

Однак існують і недоліки ПГУ основні з яких:

- низька теплота згоряння газу;
- ненадійна технологічна керованість процесу ПГУ, особливо виявляється при експлуатації великої кількості свердловин (понад 50);
- невисока ступінь корисного добування енергії, що міститься в газифікованому вугіллі;
- втрата вугілля в надрах землі.

Незважаючи на суттєві недоліки, властиві ПГУ, перспективність її застосування визнана більшістю вугледобувних країн. Інтенсивні роботи дослідницького і практичного характеру проводяться в Китаї і в Австралії, де в 2003 р. побудовано велике підприємство даного профілю – з використанням технологічної схеми газифікації вугільних пластів, що застосовувалася раніше в колишньому СРСР. Виявляється активний інтерес до цієї технології в таких країнах, як Індія, Казахстан, Україна, США, В'єтнам, ПАР, КНДР і багатьох інших [1].

Властивості отриманого газу визначаються конкретним паливом і різні для кожного іншого родовища. За допомогою підземної газифікації можливо отримати пальні гази наступні за своїми характеристиками: генераторний газ – теплота згоряння – 3800–4600 кДж/м³; синтез-газ для хімічної технології – 10900–12600 кДж/м³; відновний газ (для металургійних і машинобудівних виробництв) – 12600–16800 кДж/м³; міський газ (опалювальний) – 16800–21000 кДж/м³; синтетичний природний газ (багатий газ) для транспортування на далекі відстані – 25000–38000 кДж/м³ [2].

В умовах енергодефіциту, створення ефективних вугільних технологій зі зниженою емісією шкідливих речовин в межах технологічного циклу, що дозволяють отримувати конкурентоспроможні продукти і генерувати електричну і теплову енергію, є пріоритетним завданням світової енергетичної стратегії.

У процесі реструктуризації вугільної промисловості в Україні значна кількість неробочих пластів вугілля залишається поза балансом і не використовується. Відновлення виробничої діяльності шахт, звичайними методами економічно не ефективно. Найбільш перспективним рішенням є підземна газифікація вугілля, яка дасть можливість отримати значний екологічно економічний ефект.

Перелік посилань:

1. Перспективи підземної газифікації вугілля <http://studopedia.org/9-167561.html>
2. Підземна газифікація вугілля ru.wikipedia.org/wiki/Подземная_газификация_угля

ЭФФЕКТИВНОЕ СЖИГАНИЕ ТОПЛИВ С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ХИМИЧЕСКИМ НЕДОЖОГОМ

Развитие теплоэнергетики Украины в значительной степени определяется требованиями охраны окружающей среды.

Поэтому актуальными являются работы по созданию нового и модернизации действующего энергетического оборудования, направленные на улучшение его экологических характеристик. В настоящее время затраты на реализацию природоохранных мероприятий на действующем оборудовании ТЭС часто значительно выше оплаты за вредные выбросы в атмосферу.

Например, при сжигании природного газа для достижения нормативных уровней выбросов оксидов азота требуется уменьшить эмиссию всего на 20–40%. Поэтому наиболее востребованными на ТЭС в настоящее время являются малозатратные и быстро реализуемые воздухоохраные мероприятия, не требующие значительного объема реконструкции [1].

Одним из таких мероприятий является сжигание топлив с контролируемым умеренным недожогом, содержанием СО [2]. Суть данного способа сжигания состоит в снижении содержания кислорода в зоне активного горения вследствие уменьшения количества воздуха, организованно подаваемого в топку котла. В результате в зоне горения происходит подавления образования как термических, так и топливных NOx при одновременном контролируемом увеличении содержания СО в уходящих газах (в соответствии с действующим ГОСТ Р 50831-95 их концентрация не должна превышать 300–400 мг/м³ в зависимости от вида сжигаемого топлива и типа горелочного устройства [3]).

Сжигание природного газа и мазута с контролируемым умеренным недожогом позволяет снизить выбросы NOx на 30–40% при одновременном повышении КПД котла на 0,2–0,8%.

Суммарный показатель токсичности таких режимов в 1,5–2,0 раза ниже, чем при обычном сжигании топлива в соответствии с режимной картой, а суммарный вклад оксида углерода и бенз(а)пирена в общую вредность выброса от котла в атмосферу не превышает 3–7%. При этом значение химического недожога должно быть ограничено содержанием вредных примесей в дымовых газах за дымососом (пересчете на $\alpha=1,4$): для СО – не более 100 ppm и для БП – 60–100 мг/м³.

Таким образом, режимы с контролируемым умеренным недожогом являются наиболее оправданными с точки зрения, как экологической безопасности, так и эффективного сжигания топлива. Кроме того, они малозатратны и могут легко реализованы на оборудовании во времени наладочных испытаний.

Перечень ссылок:

1. Росляков П.В., Егорова Л.Е., Ионкин И.Л. Технологические мероприятия по снижению вредных выбросов ТЭС в атмосферу / Издательство МЭИ, 2001.
2. Оценка суммарной вредности уходящих газов котельной установки / П.В. Росляков, И.Л. Ионкин, Л.Е. Егорова и др. // Теплоэнергетика, 2005.– №9. С. 30-34.
3. Сжигание природного газа с контролируемым химическим недожогом как средство снижения выбросов оксидов азота / П.В. Росляков, И.Л. Ионкин, Л.Е. Егорова и др. // Новое в российской электроэнергетике, 2006. – № 12. С. 24-29.

ШЛЯХИ ЗАМІЩЕННЯ РІДКОГО МОТОРНОГО ПАЛИВА СТИСНУТИМ І СКРАПЛЕНИМ ГАЗОМ

Заміщення рідкого моторного палива стиснутим та скрапленим природним газом (СПГ) набуває в світовій практиці високих темпів розвитку. Тільки за перші 10 років XXI сторіччя кількість автотранспортних засобів, що працюють на СПГ збільшилась з 2,2 до 3,6 млн. одиниць. [1]. Нині Україна займає 8 місце по використанню автотранспортних засобів на СПГ.

Заправлення автомобілів відбувається на автомобільних газо-наповнювальних компресорних станціях (АГНКС). Традиційна технологічна схема АГНКС доволі проста. Природний газ з газопроводу після газорозподільних станцій (ГРС) магістральних газопроводів з тиском (0,8–1,2) МПа подається до АГНКС, де після фільтрів попадає на вхід газових компресорів високого тиску. Стиснений (компримований) до $p=(20–25)$ МПа газ після цих компресорів направляється до установок осушення, а потім до баків-акумуляторів.

Основними соціально-економічними стимулами використання СПГ моторного пального є:

- підвищення рівня енергетичної безпеки країн внаслідок зменшення залежності від імпорту нафти та нафтопродуктів;
- оптимізація економічних показників експлуатації автотранспорту, оскільки газ, в середньому, удвічі дешевший еквівалентної кількості рідкого моторного палива;
- покращання екологічної ситуації довкілля за рахунок зменшення шкідливих викидів в атмосферу.

Пропонуються наступні перспективні технологічні схеми АГНКС [1]:

1. АГНКС зі ступеневим компримуванням.
2. АГНКС з дотискним ежектором на вході.
3. АГНКС, що використовує перепад тиску на ГРС для компримування природного газу.
4. АГНКС, що використовує перепад тиску на ГРС для виробництва скрапленого природного газу.
5. АГНКС, що реалізує процес скраплення природного газу шляхом використання перепаду тиску на ГРС з турбодетандером.

Перелік посилань:

1. Автомобільні газонаповнювальні компресорні станції: Підручник / Г.О. Биков та ін.; За заг. ред. М.С. Кулика.– К: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 292 с.
2. <http://energetyka.com.ua/normatyvna-baza/385-energetichna-strategiya-ukrajini-na-period-do-2030-roku-vi-strategiya-rozvitku-naftogazovoji-promislovosti> (п.2.2.6-2.2.8)

Аспірант Пешко В.А.; студентка 4 курсу, гр. ТС-22 Беднарська І.С.
Проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.

АВАРІЙНІСТЬ ТЕС ПРИ РОБОТІ В МАНЕВРЕНОМУ РЕЖИМІ

Для енергетики України характерною є недостатня кількість маневрених потужностей. В структурі генеруючих потужностей базові енергоблоки повинні складати 50–55%, напівпікові енергоблоки – 30–35%, а пікові енергоблоки – 15%. Потужності ГЕС і ГАЕС, які можуть бути високоманевровими піковими потужностями, складають лише 10,1% проти 15% необхідних для сталої роботи енергосистеми. Енергоблоки ТЕС потужністю 100–150 МВт, які можуть ефективно використовуватись як маневрові напівпікові потужності, складають 18% проти необхідних 30–35%. Саме тому поширеною практикою є залучення енергоблоків потужністю 200–300 МВт до регулювання навантаження. Такий режим роботи супроводжується підвищенням аварійності, оскільки обладнання було спроектовано для роботи в базовому режимі.

Експлуатація більшості енергоблоків ТЕС України супроводжується невиконанням нормативних вимог щодо періодичності капітальних ремонтів, заміни у нормативних обсягах елементів основного та допоміжного обладнання. Порівнюючи кількість аварійних зупинок та годин в аварійних ремонтах енергоблоків 200–300 МВт в період 2011–2015 рр. варто відзначити зменшення показника наробітку на відмову з рівня 1980–3600 год. до 460–1600 год., що свідчить про зростання аварійності в цілому. Спостерігається щорічне зростання питомих показників пошкоджуваності обладнання, таких як кількість відмов на одиницю устаткування, кількість відмов на 1 кВт виробленої електроенергії та на 1 Гкал виробленої теплової енергії. Наприклад, середній показник питомої пошкоджуваності на одиницю обладнання для ТЕС України у 2011 р. складає 0,68, а у 2015 р. – 1,1. Діаграма розподілення наробітку на відмову та питомої пошкоджуваності на одиницю устаткування для Запорізької ТЕС представлено на рис.

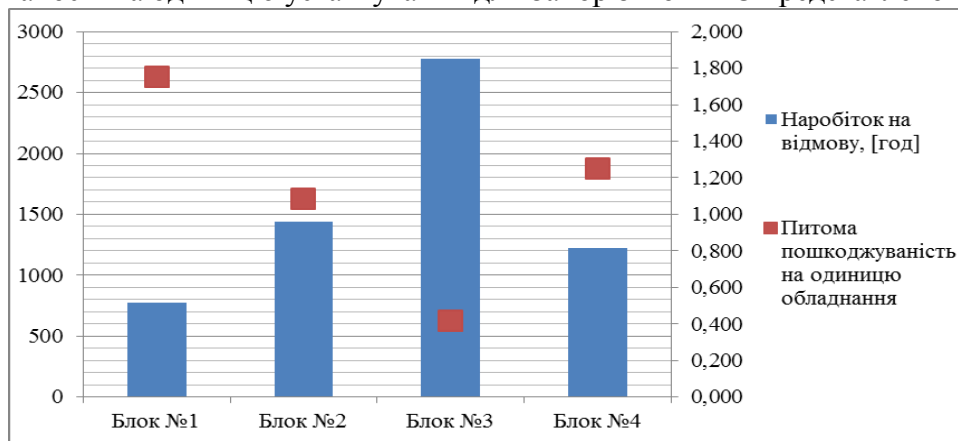


Рисунок – Діаграма розподілення наробітку на відмову та питомої пошкоджуваності для Запорізької ТЕС

Перелік посилань:

1. НД МПЕ України. Контроль металу і продовження терміну експлуатації основних елементів котлів, турбін і трубопроводів теплових електростанцій. – Типова інструкція. СОУ Н МПЕ 40.17.401:2004.
2. ГНД. Розрахунок показників надійності для електростанцій, теплових мереж та енергокомпаній. – Методика. ГНД 34.09.453:2003.
3. Левин М.М. Техническое переоснащение угольных энергоблоков 150–300 МВт./ Левин М. М., Бабичев Л.А., Гуля О.М. // Энергетика та електрифікація. – 2013. – № 3. – С. 60-75.

Аспірант Пешко В.А.; студент 4 курсу, гр. ТС-21 Мороз О.С.
Проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.

ВИЧЕРПАННЯ РЕСУРСУ ОБЛАДНАННЯ ЕНЕРГОБЛОКІВ 300 МВт ПРИ РОБОТІ В МАНЕВРЕНОМУ РЕЖИМІ

Для забезпечення стабільної роботи ОЕС України розподіл по генеруючим потужностям має виглядати наступним чином: пікові енергоблоки – 15 %, напівпікові – 30–35%, базові – 50–55%. В якості пікових потужностей виступають високоманеврові блоки ГЕС та ГАЕС, однак вони складають лише 10,1% генерації. Енергоблоки ТЕС потужністю 100–150 МВт, які можуть ефективно використовуватись як напівпікові потужності, складають 18% проти необхідних 30–35%. Через ці обставини виникає необхідність використання енергоблоків потужністю 200–300 МВт в маневреному режимі.

Для енергетичної системи України характерним є вичерпання проектного ресурсу 97% енергетичного обладнання. Більшість блоків вичерпали подовжений парковий ресурс. Вимушена робота цього обладнання в режимі частих пусків та зупинок значно прискорює вичерпання залишкового ресурсу.

Максимально допустима пошкоджуваність, за якої енергоблок не може далі експлуатуватись складає 1,0. Пошкоджуваність більшості енергетичних блоків України лежить в межах від 0,554 до 0,991. Наприклад, пошкоджуваність блоку № 6 Криворізької ТЕС складає 0,938, при цьому статична складова пошкоджуваності – 0,41, а циклічна складова – 0,653. Блок введено в експлуатацію в 1968 році, річна пошкоджуваність, або швидкість вичерпання ресурсу для цього блоку складає 2,04%/рік. При роботі в маневреному режимі щоденного пуску–зупинки, цей показник зростає до 11,3 %/рік (в 5,5 разів). Це свідчить про недоцільність залучення цього блоку до регулювання навантаження.

Якщо розглядати 2016 р. для Криворізької ТЕС, як рік роботи в маневреному режимі щоденного пуску-зупинки, то 90 % відсотків енергоблоків повністю вичерпають свій залишковий ресурс при коефіцієнтах запасу по числу циклів $n_N=5$ і по приведеній деформації $n_\epsilon=1,5$ (рис.). Швидкість вичерпання залишкового ресурсу зростає в 4-7 разів.

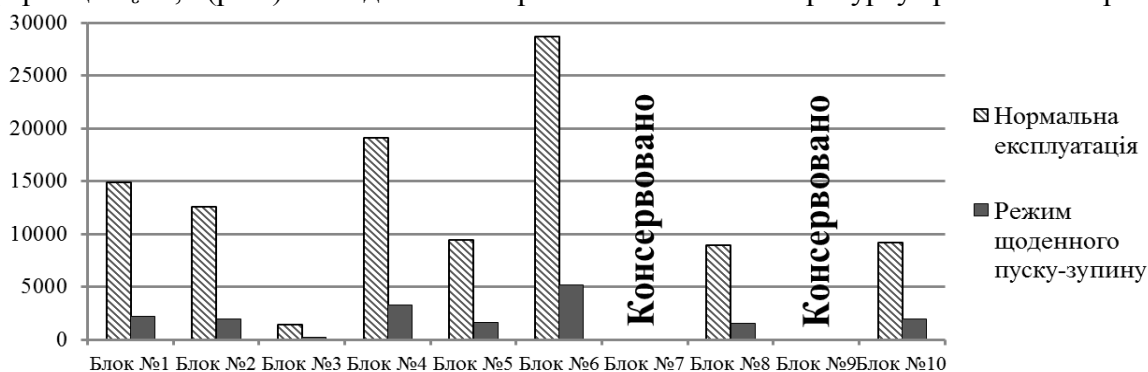


Рисунок – Прогнозований ресурс енергоблоків Криворізької ТЕС, [год]

Перелік посилань:

1. НД МПЕ України. Контроль металу і продовження терміну експлуатації основних елементів котлів, турбін і трубопроводів теплових електростанцій. – Типова інструкція. СОУ Н МПЕ 40.17.401:2004.
2. РД 34.17.440-96. Методические указания о порядке проведения работ при оценке индивидуального ресурса паровых турбин и продлении срока их эксплуатации сверх паркового ресурса. – М., 1996. – 98 с.
3. РТМ 108.021.103. Деталі парових стаціонарних турбін. Розрахунок на малоциклову втомлюваність. – М., 1985, № АЗ-002/7382, 49 с.

**ЕКОЛОГО-ЕМІСІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАЛЬНИКІВ НА ОСНОВІ
СТРУМЕНЕВО-НИШЕВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СПАЛЮВАННЯ**

На сьогоднішній день проблема викидів шкідливих речовин в атмосферу стоїть дуже гостро. Підприємства теплоенергетичного комплексу нашої країни використовують досить великий об'єм природного газу. Це пояснюється рядом його переваг в порівнянні з вугіллям і мазутом, серед яких не найменшу роль грають і екологічні характеристики цього палива. Природний газ не містить твердих часток та практично не містить сполук сірки. Окисли азоту є одним з найбільш токсичних компонентів в продуктах згорання природного газу, тому зменшення концентрації цих речовин у атмосфері є досить серйозним завданням.

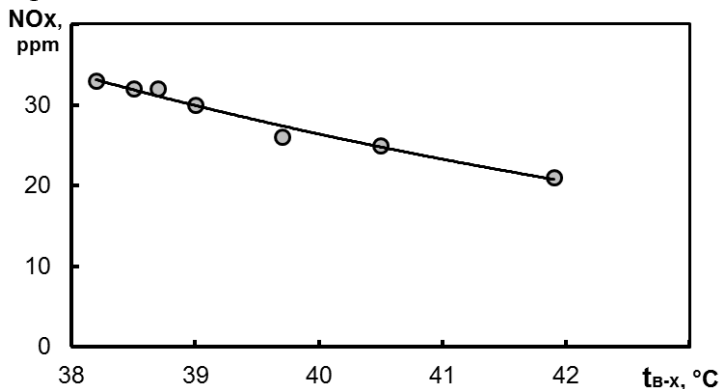


Рисунок- Залежність концентрації оксидів азоту у відхідних газах КВН-2,9 Гс в залежності від температури повітря на пальнику

Основними методами зменшення емісії оксидів азоту є такі заходи: зменшення температури в топці котла, зменшення надлишку повітря, рециркуляція димових газів, застосування пальникових пристроїв спеціальної конструкції, очистка димових газів. Слід зазначити, що відповідна організація робочого процесу пальникового пристрою (ПП) також дозволяє досягти деякого зниження емісії оксидів в продуктах згорання, а саме:

організація гомогенізації та мікрофакельного спалювання палива. Однією з перспективних розробок КПП в галузі технологій спалювання, в якій реалізовані вищевказані принципи, є струменево-нішева технологія (СНТ) [1].

В даній роботі приведені результати еколого - теплотехнічних випробувань контактного водонагрівача КВН-2,9 Гс, обладнаного ПП типу СНТ-33, тепловою потужністю 2,5 Гкал. Особливістю технологічної схеми досліджуваної промислової установки є організація 100% зволоження дуттєвого повітря на пальник.

Випробування виконані в умовах локальної опалювальної системи в м. Олександрія. На «сухому» повітрі емісія окислу азоту знаходиться в межах $C_{NO_x}=75$ ppm. Таким чином, організація зволоження дозволяє знизити концентрацію NO_x більше ніж у двічі. На графіку видно, що підвищення температури повітря, також мінімізує викиди окислу азоту. Це пояснюється збільшенням вологовмісту повітря зі значень 46 г/м³ при температурі $38,2$ °C до $60,5$ г/м³ при $t_{в-х}=45$ °C [2]. Слід зазначити, що викиди монооксиду вуглецю залишалися в межах нормативних значень, і не перевищували 16 мг/м³.

Перелік посилань:

1. Абдулін М.З. – Вітчизняні енергоефективні технології- запорука енергетичної безпеки держави/ М.З. Абдулін, О.А. Сірий // Колективна монографія- КПП, 2013, с. 224-233.

УДК 62-529

Студент 4 курсу, гр. ТС-22 Свінцицький Д.О.
Ст.викл., к.т.н. Нікуленкова Т.В.

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОБЛОКІВ КИЇВСЬКОЇ ТЕЦ-5

Автоматизована система управління технологічними процесами (АСУ ТП) забезпечує безпечне, надійне та економічне ведення експлуатаційних режимів роботи основного й допоміжного обладнання в процесі виробництва електричної енергії відповідно до вимог чинних в Україні нормативних документів.

При оснащенні енергоблоків ТЕЦ системою технічної діагностики застосовують наступний системний підхід: результати вимірювання параметрів енергоблоку штатної АСУ ТП дають достатню інформацію про режими роботи і стан обладнання, а для вирішення задач діагностування необхідно правильно організувати збір даних і їх обробку. Застосування системного підходу дозволяє обґрунтовано впорядкувати і підвищити ефективність основних технічних заходів, які необхідні для забезпечення системи обслуговування по технічному стану.

Модернізація системи контролю та управління енергоблоків ТЕЦ-5 передбачає впровадження сучасної, повномасштабної, мікропроцесорної автоматизованої системи керування технологічними процесами енергоблоку на базі програмно-технічних комплексів з модернізацією існуючого блочного щита управління енергоблоками № 1, 2 для:

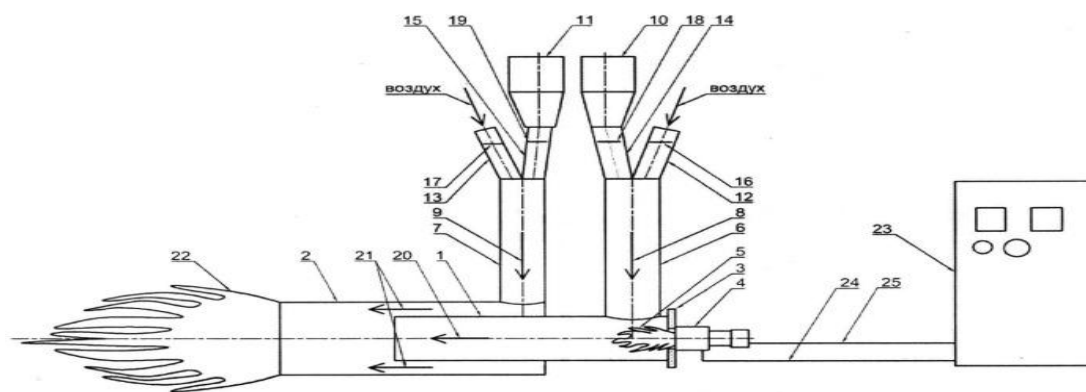
- забезпечення автоматичного управління роботою у всіх режимах, в тому числі пуску і зупинки енергоблоку з заміною запірної та регулюючої арматури, датчиків, регулюючих органів, кабелів, засувки для можливості участі енергоблоку в регулюванні частоти і потужності в енергосистемі згідно з вимогами Європейського стандарту USTE [1];
- обміну інформацією автоматизованої системи керування технологічними процесами енергоблоку із зовнішніми системами;
- розрахунку і аналізу техніко-економічних показників, що характеризують технологічний процес і роботу основного і допоміжного технологічного обладнання енергоблоку;
- впровадження підсистеми температурного контролю котла, турбіни та генератора (термоконтроль опорного і упорного підшипників, подачі та зливу масла з підшипників, металу турбіни, металу поверхонь нагріву котла, генератора, холодного і гарячого газу тощо);
- впровадження підсистеми реєстрації параметрів і подій при веденні нормальної експлуатації та реєстрація аварійних ситуацій.

Головною перешкодою на шляху впровадження діагностичних систем є додаткові капітальні витрати, що становлять від 3 до 20 % вартості обладнання. Підвищення безпеки експлуатації енергоблоків ЕС досягається за рахунок розширення обсягу інформації про стан об'єктів діагностування, прогнозування розвитку подій і рекомендацій технічному персоналу про подальші дії. Впровадження автоматичної системи технічної діагностики дозволяє замість планово-попереджувального ремонту перейти на організацію ремонтного обслуговування обладнання за його фактичним станом, що дає суттєвий економічний ефект за рахунок додаткового вироблення електроенергії та зменшення ремонтних витрат.

Перелік посилань:

1. СОУ-Н ЕЕ 04.157:2009 Методики і рекомендації щодо організації первинного та вторинного регулювання частоти та потужності на ГЕС. Настанова

ПЛАЗМЕННАЯ ГОРЕЛКА ДЛЯ БЕЗМАЗУТНОЙ РАСТОПКИ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО КОТЛА



Схематическое изображение плазменной вихревой горелки

Фиг. 1

Плазменная пылеугольная горелка используется для растопки котлов и подсветки факела мелкодисперсного твердого топлива с предварительной электротермохимической подготовкой – ЭТХП [1,2]. Горелка (фиг.1) [2] состоит из двухсоосных, коаксиально расположенных труб: внутренней 1 – первой ступени, и внешней 2 – второй ступени, со встроенным в торце внутренней трубы электродуговым плазматроном 4 [3]. Горелка дополнительно снабжена двумя отдельными регулируемыми каналами подачи воздуха, которые выполнены в виде труб 6 и 7 с тангенциальным входом, установленных перпендикулярно соосным трубам жесткосоединённых с ними. На выходе питателей 10, 11 расположены шиберы 18,19 для регулирования расходов аэросмеси. Электродуговой плазматрон 4 расположен вдоль горизонтальной оси внутренней трубы. В разделенных каналах существует возможность регулирования коэффициента избытка воздуха пылеугольной аэросмеси за счет подачи в них дополнительного воздуха.

Известна также плазменная горелка прямоточного типа, состоящая из цилиндрической камеры ЭТХП с расположенным на её боковой поверхности патрубком и плазматроном для ввода потока плазмы. Пространство между соосно расположенными трубами заполняется огнеупорным теплоизоляционным материалом (шамотобетон, карборунд) – муфелем. Поток аэросмеси взаимодействует с вводимым через патрубок (перпендикулярно оси камеры) потоком низкотемпературной плазмы [3]. К недостаткам установки относятся: невозможность эффективного регулирования процесса ЭТХП; сложность изготовления муфеля; минимизация времени пребывания частиц угольной пыли в камере ЭТХП.

Перечень ссылок:

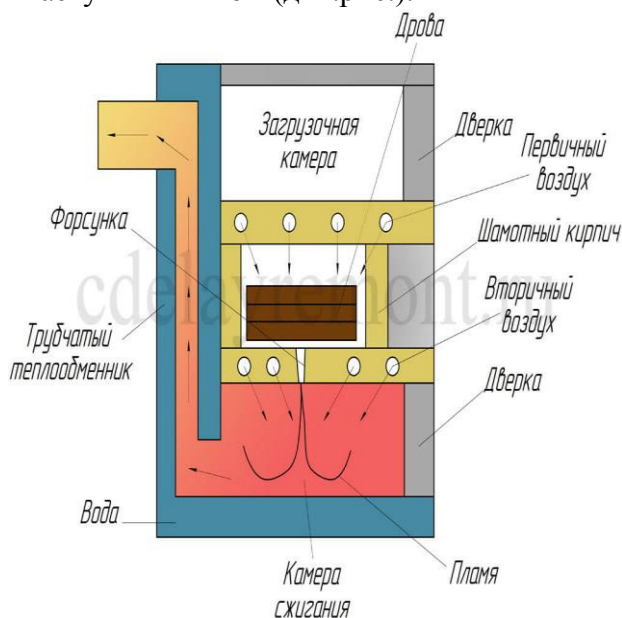
1. Жуков М.Ф. и др. Низкотемпературная плазма, т.16, Плазменная безмазутная растопка котлов и стабилизация горения пылеугольного факела. – Новосибирск: Наука, 1995.– с.83-86
2. <http://www.findpatent.ru/patent/254/2543648.html>
3. Патент RU №2180075, МПК F23D 1/100, H05h 1/32; от 27.12.2002
4. Патент RU №2210032, МПК F23Q; 10.08.2003

УДК 621.43

Студент 4 курсу, гр. ТС-22 Сміян Б.С.
Ст.викл. Сірий О.А.

ПІРОЛІЗНІ КОТЛИ

Регулярне подорожчання вуглеводневих енергоносіїв спонукає країну до пошуку альтернативи природному газу в енергетиці та промисловості. В найближчій перспективі можна розглядати тільки часткову заміну блакитного палива, оскільки від споживання газу залежить як хімічна, металургійна промисловість так і енергетика. Слід зазначити, що опалення (індивідуальне або централізоване) в Україні повністю залежить від природного газу і переведення водогрійних котлів на інші, альтернативні, види палива є найбільш заманливим шляхом розвитку. Одним із варіантів заміни є перехід на спалювання твердого палива у вигляді дров, пелетів, щіпи і т.ін. Найбільш перспективним типом обладнання для спалювання деревинного палива є котли піролізного горіння, які працюють за принципом газифікації, їх часто ще називають твердопаливними газогенераторними котлами. Робочий процес такого типу обладнання організовано наступним чином (див.рис.).



У верхній завантажувальній камері, під дією високої температури і при малій кількості повітря, дрова виділяють деревний газ, який димососом перекачується в нижню камеру згорання, де змішується з вторинним повітрям і згоряє, при цьому частина тепла повертається до нижнього шару дров і підтримує процес піролізу.

Корпус і теплообмінник піролізних котлів, як правило, виконаний з котельної сталі, а топка облаштована спеціальною жароміцною керамікою або викладена шамотною цеглою. Основними перевагами твердопаливних піролізних котлів є довготривалість горіння на одному завантаженні, економічність і відносно малі викиди в атмосферу забруднюючих речовин. Твердопаливні газогенераторні котли можуть працювати

Рисунок – Конструкція піролізного котла

до 10 годин на одному завантаженні палива, що майже в два рази довше ніж звичайні твердопаливні котли.

ККД піролізних котлів досягає майже 90%, що говорить про їх економічність і майже повне згорання деревини. Твердопаливні котли піролізного горіння мають найнижчі викиди CO₂ в атмосферу і відповідають найжорсткішим екологічним нормам, що принесло цьому типу вогнетехнічного обладнання високу популярність на території Європи.

До основних недоліків слід віднести високі вимоги до палива-застосовуються дрова тільки твердих порід з максимальною вологістю до 20%. Порушення таких вимог веде до нестабільної роботи котла, утворенню дьогтю і смоли, згасання факелу і істотне зменшення часу роботи на одному завантаженні [1, 2].

Перелік посилань:

1. <http://www.energoinvest.com.ua/uk/katalog/221-pyrolvsis-boilers.html>
2. <http://cdelayremont.ru/piroliznye-kotlv>

ОСОБЛИВОСТІ СПАЛЮВАННЯ ГАЗІВ ЗА СТАБІЛІЗАТОРОМ В ЗАБАЛАСТОВАНОМУ ОКИСНЮВАЧІ

Одним з ефективних методів забезпечення економії дефіцитного та коштовного палива на базі існуючого в Україні енергетичного та промислового обладнання при одночасному зниженні питомих та матеріальних витрат із зменшенням шкідливих викидів у навколишнє середовище є використання парогазових циклів[1].

У світовій практиці парогазові установки (ПГУ) працюють за схемами з високо напірним парогенератором (ПГУ з ВГП), низьконапірним парогенератором (ПГУ з НПП) та котлом-утилізатором (ПГУ з КУ). Кожна із схем має свої переваги та недоліки. Одним з визначальних факторів є необхідність вторинного підігріву окисника при спалюванні палива в середовищі відхідних газів враховуючи, що необхідний вміст (за об'ємом) кисню в продуктах згоряння, який використовується як окисник, повинен бути не менше: для газу —15%, мазуту —16%, вугілля —17%. Аналіз параметрів робочого процесу існуючих та перспективних газових турбін показує, що склад відхідних газів після першого ступеню спалювання ГТУ у багатьох випадках не відповідає умовам можливої роботи.

Розрахунки показують, що при існуючих параметрах сучасних передових газотурбінних установок, необхідний коефіцієнт надлишку повітря дорівнює $\alpha=3-4$. Перспективні ГТУ проектується на початкові параметри, які відповідають сучасному рівню у 1200–1400°C. Необхідно врахувати, що при двостадійному спалюванні після першого ступеню продукти згоряння охолоджуються в турбіні на 500–700°C, що також утруднює організацію ефективного спалювання палива.

Характерною особливістю двостадійного горіння є те, що після першої стадії відбувається заміна двох основних параметрів потоку, які впливають на процес горіння у другій стадії, а саме, підвищення температури потоку, зменшення концентрації горючого та окисника, а також охолодження (до 500–700°C) продуктів згоряння перед входом в камеру вторинного підігріву.

Зміна цих параметрів потоку впливає на процес горіння у протилежних напрямках, а саме:

- а) підвищення температури потоку збільшує швидкість хімічних реакцій;
- б) зменшення концентрації горючого та окисника зменшує швидкість хімічних перетворень, що погіршує процес горіння.

На дослідному стенді кафедри ТЕУ Т та АЕС було проведено відповідні випробування щодо можливості спалювання газоподібного палива в забаластованому окиснику при різних коефіцієнтах надлишку повітря і вмісту окисника в стабілізаторному пальниковому пристрої.

Аналіз результатів проведених досліджень і літературних матеріалів показав, що для забезпечення сталої і високоефективної роботи пальникового пристрою необхідно подавати додаткове повітря в зону рециркуляції за стабілізатором. Було проведено випробування з різними підведення повітря і вплив кількості повітря на характеристики горіння. Результати досліджень дозволили знайти необхідну кількість чистого повітря, яку необхідно подавати в зону горіння за стабілізаторами для забезпечення сталої роботи пальника в умовах роботи камер горіння вторинного підігріву окисника сучасних газотурбінних установок.

Перелік посилань:

1. Воробьев И.Е. Реабилитация ТЭС и ТЭЦ: пути, эффективность / И.Е. Воробьев, Е.Г. Тодорович. — К.: Энергетика и электрификация, 2000. — Вып.1. —256с. (серия “Энергетика: реабилитация, развитие”).

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ СТУПЕНІВ ЦИЛІНДРА НИЗЬКОГО ТИСКУ ТУРБІНИ НА РЕЖИМАХ ЧАСТКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

В системах тепlopостачання великих міст на теплофікаційні парові припадає значна частка встановленого енергетичного обладнання. В більшості теплофікаційних турбін циліндр низького тиску (ЦНТ) розраховується практично на повну витрату пари в конденсатор при роботі на конденсаційному режимі при номінальній витраті пари в циліндр високого тиску. При цьому потужність, яку має турбіна в чисто конденсаційному режимі, перевищує на 15–20% номінальну потужність турбіни при роботі в теплофікаційному режимі.

Економічність теплофікаційних турбін в значній мірі визначається економічністю ЦНТ, яка залежить від режимів роботи турбіни. На протязі значного час опалювального сезону теплофікаційні турбіни працюють при повністю закритій діафрагмі, через ЦНТ проходить тільки вентиляційні витрати пари, що забезпечує охолодження проточної частини турбіни. Знижена об'ємна витрата пари призводить до значного погіршення економічності турбіни.

Проведені експериментальні дослідження та практичний досвід роботи парових турбін показує, що на мало витратних режимах, що включають режими пуску, холостого ходу або великих теплофікаційних навантажень, виникає також проблема надійності ЦНТ, яка викликана газодинамічними процесами, що відбуваються у вихлопному патрубку. При зменшених витратах пари ЦНТ з режиму вироблення потужності переходить в режим її споживання з генерацією тепло вентиляційних витрат [1]. На таких режимах течія пари приймає вихровий характер, що супроводжується значним підвищенням динамічних напружень в робочих лопатках, а температура потоку в проточній частині підвищується до 200–240 °С і характеризується значною нерівномірністю. Високий рівень температур є небезпечним для демпферних зв'язків, чавунних ободів діафрагм в ЦНТ, вони викликають деформацію корпусних елементів, призводять до зменшення вакууму та підвищення вібраційного стану турбоагрегату.

В зв'язку з тим, що робота турбіни на часткових режимах може становити тисячі годин на рік, системи та пристрої, що підтримують належний тепловий стан ЦНТ, повинні бути економічними та ефективно охолоджувати проточну частину. В турбінній практиці найбільш розповсюдженим засобом охолодження ЦНТ є подача певної витрати додаткової пари або конденсату в проточну частину. Як показує аналіз проведених досліджень, серед найбільш розповсюджених методів охолодження циліндру слід відзначити такі: охолодження ЦНТ за допомогою паро приймальних пристроїв; охолодження пропуском додаткової пари через ЦНТ; охолодження подачею конденсату за допомогою форсунок; загороджувальне охолодження [2].

Перелік посилань:

1. Алексю А.И., Марков К.Я., Охлаждающие устройства ЦНД теплофикационных турбин // ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА, 1989.– № 6, с. 67–74.
2. Хаимов В.А., Шуть Г.А. Повышение надежности последних ступеней и экономичности режимов паровых турбин // Новости теплоснабжения, 2011.– №6 (130), с. 20-26.

ПРІСНА ВОДА + МОРСЬКА ВОДА = ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ

Осмотична електростанція– стаціонарна енергетична установка, заснована на принципі дифузії рідин (осмос).

Перша і єдина, на даний момент в світі, осмотична електростанція побудована компанією Statkraft в норвезькому містечку Тофте, на території целюлозно-паперового комбінату «SödraCellTofte». Будівництво електростанції обійшлося в 20 мільйонів доларів і 10 років, проведених в дослідженнях та розробці технології. Ця електростанція поки виробляє дуже мало енергії: приблизно 2-4 кіловата. Згодом планується збільшити вироблення енергії до 10 кВт.

Принцип дії:

Осмотична електростанція бере під контроль змішування солоної і прісної води, тим самим витягає енергію з дедалі більшого ентропії рідин. Змішування проходить в резервуарі, який розділений на два відсіки напівпроникною мембраною. В один відсік подається морська вода, а в інший прісна. За рахунок різної концентрації солей в морській і прісній воді, молекули води з прісного відсіку, прагнучі вирівняти концентрацію солі, переходять через мембрану в морській відсік. В результаті цього процесу в відсіку з морською водою формується надлишковий тиск, який в свою чергу використовується для обертання гідротурбіни, що виробляє електроенергію.

Переваги:

- На відміну від вітру і сонця, надається безперервний поновлюване джерело енергії, з незначними сезонними коливаннями. Поверхня Землі на 71% покрита водою, 96,5% (за об'ємом) яка є солоною, тому для таких станцій завжди буде «паливо».
- Відсутній парниковий ефект.

Недоліки:

- У поточній мембрани показник становить 1 Вт/м². Показник, який дозволить зробити станції рентабельними – 5 Вт/м². У світі є кілька компаній, які виробляють подібні мембрани, але пристрої для осмотичної станції повинні бути набагато тонше вироблених зараз.
- Осмотична електростанція може використовуватися тільки в гирлах річок, де прісна вода вливається в солону.

Перспективи:

Пілотна установка потужністю від 2 до 4 кВт, зведена в Осло-Фіорді і урочисто вступила сьогодні в лад, призначена для випробування і вдосконалення новаторської технології. Але керівництво компанії Statkraft впевнене, що вже через кілька років справа дійде і до комерційного використання осмосу. А сумарний світовий потенціал осмотичного енерговиробництва оцінюється ні багато ні мало в 1600–1700 ТВт-год на рік – це приблизно половина енергоспоживання всього Євросоюзу. Найважливішою перевагою таких установок є їх екологічність – вони не шумлять і не забруднюють атмосферу викидами парникових газів. Крім того, їх легко інтегрувати в уже наявну інфраструктуру.

Перелік посилань:

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D0%BC%D0%BE%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F
2. http://gisee.ru/articles/foreign_alternative_energy/853/

Асист. Харченко А.А.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ТЕЧЕНИЯ ТУРБУЛЕНТНОЙ СТРУИ В ПОПЕРЕЧНОМ ПОТОКЕ ПРИ НАЛИЧИИ ПРИСТРОЕННОЙ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ НИШИ

Неустойчивость пламени относится к важнейшим причинам снижения эффективности сжигания топлива. Одним из прогрессивных способов стабилизации пламени является, как известно, способ, связанный с захватом вихря внутри ниши. Для выбора конструктивных параметров и оптимизации режимов работ горелочных устройств, базирующихся на указанном методе, необходимы знания закономерностей протекания рабочего процесса в устройствах данного типа. При этом особое внимание заслуживает изучение аэродинамики течения горючего и окислителя, поскольку поведение такого течения играет ведущую роль в организации эффективного сжигания топлива. Данное обстоятельство обуславливает актуальность исследования структуры течения в горелочных устройствах с захватом вихря.

Настоящая работа посвящена изучению струйно-вихревой картины течения в горелочных устройствах струйно-нишевого типа. Получено численное решение задачи течения струи топлива в сносящем потоке окислителя при наличии прямоугольной ниши, расположенной за струей вниз по потоку. Реализация численного решения базировалась на использовании универсального пакета FLUENT.

Особое внимание при проведении численных исследований уделялось изучению особенностей влияния на структуру рассматриваемого течения гидродинамического параметра q , представляемого собой отношение скоростных напоров струи в устье и поперечного потока.

$$q = \frac{\rho_z \cdot v_z^2}{\rho_a \cdot v_a^2}, \quad (1)$$

где v_z , v_a – средняя скорость природного газа в устье и средняя скорость воздуха на входе в канал;

ρ_z , ρ_a – плотность природного газа и воздуха.

Приведены данные, отвечающие широкому диапазону изменения значений q (от $q=1$ до $q=15$). Показано, что с изменением величины q , наблюдается существенное изменение гидродинамической картины течения в рассматриваемой физической ситуации. В частности, отмечается, что имеет место тенденция к смещению в сторону внешнего потока основного вихря в нише при возрастании значений q . В этой ситуации происходит также изменение величины и местоположения приструйного вихря. Последний, с ростом q , становится более ярко выраженным и смещается вниз по потоку.

В работе приводятся данные о закономерностях поведения интенсивности турбулентности при варьировании гидродинамического параметра q . Представлены результаты математического моделирования, иллюстрирующие эффекты влияния величины q на дальность струи и пр.

УДК 621.311.207:621.438.

Магістрант 1 курсу, гр. ТС-51м Целінський М.С.

Доц., к.т.н. Бутовський Л.С.

ОСОБЛИВОСТІ СПАЛЮВАННЯ ПАЛИВ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

У зв'язку з подорожчанням імпортованих паливно-енергетичних ресурсів, зокрема, природного газу і відходів нафтопереробної промисловості за останні 10–15 років розвинулось виробництво альтернативних палив з рослинних відходів агропромислового та лісного комплексу, наприклад, у вигляді пелет. Але значна частина цієї продукції з України експортується в інші країни.

Основні причини низького споживання пелет в Україні полягають у відсутності на ринку необхідної техніки для реконструкції котлів, які раніше працювали на газі чи мазуті. Наприклад, для котлів потужністю 1–20 МВт необхідно в камерні топки інтегрувати недорогу та надійну без суттєвої реконструкції екранної системи котла.

В лабораторії кафедри ТЕУ Т та АЕС створено випробувальний стенд для дослідження спалювання відходів деревообробки, зернових та олійних культур, торфу, бурого вугілля, пелет.

На відміну від механічних решіток для шарового спалювання твердих палив з нерухомим внутрішнім шаром та поступовим переміщенням загального об'єму палива, коксу та золи до вихідної золоскидної зони в розробленому стенді запропоновано конструкцію, в якій паливо переміщується вздовж топки за допомогою спеціального лопаткового шнека з регульованою швидкістю обертання [1, 2]. На відміну від звичайних топок, де шнек використовується лише для подачі палива в топку, в даній конструкції використовуються переміщення палива з одночасним регульованим перемішуванням шару в реакційному об'ємі топки. Вогневі елементи топкового модуля, в якому рухається шнек, можуть бути виготовлені з відповідних вогнетривких матеріалів. Для топок різної потужності і температурного рівня продуктів горіння шнек може бути виконаний з різними системами охолодження. В топках потужністю 1–3 МВт може бути використано неохолоджуваний шнек, тому що при довжині шнеку 1–3 метра його вартість є невеликою і вал з гвинтовими лопатками виконується з жаростійких хромистих сталей, що забезпечує міжсезонну експлуатацію шнека.

В різні зони топкового простору під шнек подається повітря, кількість якого вздовж шнеку може регулюватись шляхом позонної подачі. В ділянки реакційної зони вздовж шнеку можуть повертатись продукти недопалу, якщо в цьому виникає необхідність. Для цього використовується пневматична система введення золових відходів з вмістом вуглецю в золі виносу більше 20%. При проведенні досліджень по спалюванню пелет встановлено, що вміст вуглецю в золі уносу складав менше 0,5%, що було забезпечено технологією рухомого киплячого шару. При спалюванні пелет з низьким коефіцієнтом тертя шнек обладнується додатковим пристроєм, який покращує перемішування шару палива.

Перелік посилань:

1. Літовкін В.В., Бутовський Л.С., Антонович А.В., Грановська О.О. «Пальниковий пристрій для спалювання відходів рослинного походження». Патент №18269. Опубл. Б.І. №11 від 15.11.2006.
2. Литовкин В.В., Бутовский Л.С., Антонович А.В., Грановская Е.А. Сжигание растительных отходов по технологии «движущийся» кипящий слой // Лес и бизнес, 2008.– №2.– С.53-54

РЕШЕНИЕ ВОПРОСА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТЭЦ

Европейская стратегия развития энергетики и сохранения климата, без сомнения, нуждается в значительной мобилизации средств для успешной реализации возможностей отрасли. Инвестиции в различные части энергетической структуры начинают работать на благо общества через довольно продолжительное время. Среди всех вариантов капиталовложений в энергетику, капиталовложения в повышение энергоэффективности отличаются минимальным риском и быстрой окупаемостью.

Во времена ограниченных финансовых ресурсов особенно целесообразно вкладывать эти деньги в высокоэффективные, надёжные, технологически проверенные проекты, такие как теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). Директива ЕС по ТЭЦ требует, чтобы каждая теплоэлектроцентраль использовала топливо не менее чем на 10% более эффективно, чем электростанция с отдельным производством тепла и электроэнергии. В действительности эффективность ТЭЦ значительно выше. Часть между потенциалом и реальной энергоэффективностью объясняется недоиспользованием возможностей развития ТЭЦ. Достижение поставленной цели способно обеспечить развитие ТЭЦ, так как оно не связано ни с какими технологическими трудностями, а также дает возможность создания новых рабочих мест среди ряда других секторов: строительной промышленности, сектора услуг и сектора предприятий малого и среднего бизнеса.

Концентрация сил на развитии ТЭЦ имеет два преимущества для европейской энергетической стратегии в теплофикационной отрасли и сохранения климата на краткосрочную и долгосрочную перспективу:

1) развитие ТЭЦ не связано ни с какими технологическими трудностями. Технологии ТЭЦ, необходимые для обеспечения энергоэффективности в Европе к 2020 г., уже сейчас находятся на рынке с необходимыми звеньями поддержки и нужной экономической базой;

2) все прежние успехи развития ТЭЦ помогут сократить общие потребности, облегчат дальнейшее использование возобновляемых источников энергии и отодвинут необходимость увеличения капиталовложений в инфраструктуру или генерирующие мощности на время неопределённости переходного периода.

ТЭЦ представляют собой основную технологию, которая позволит Европе успешно решить задачи, стоящие перед континентом на 2020 г. по сбережению энергии. Теплоэлектроцентрали дают возможность наглядно экономить топливо.

Для достижения реальной экономии энергии необходимо ужесточение комплексного подхода к оценке энергопотребления. Именно такой подход должен определять выбор предложений, удовлетворяющих потребности энергии.

Нужно рассмотреть энергоэффективность в качестве главного элемента своей энергетической политики и использовать комплексный подход к тепло- и электроснабжению, планируя производство как тепла, так и электроэнергии

Перечень ссылок:

1. Дорожная карта ТЭЦ для Европы // Новини енергетики, 2013.– №6, с. 18-22

МЕХАНІЗМИ СТИМУЛЮВАННЯ ПРОПОЗИЦІЇ НА РИНКУ ЕНЕРГІЇ З БІОМАСИ

Використання біомаси для отримання теплової та електричної енергії – є одним з тих чинників, які впливають на енергетичну незалежність України, забезпечуючи при цьому використання відходів різних видів господарств нашої держави.

Основною проблемою існуючого ринку біомаси в Україні є висока собівартість енергії, необхідність інвестицій у котельне обладнання, а також логістичні витрати. Тому, необхідні механізми які можуть стимулювати домогосподарства та підприємців інвестувати кошти в альтернативну енергетику. Існують два шляхи: це стимулювання попиту, та стимулювання пропозиції. [1]

У першому випадку, домогосподарствам та підприємцям надається безвідсотковий кредит на купівлю обладнання для отримання теплової енергії.

У другому випадку (стимулювання пропозиції) вже виробникам теплової чи електричної енергії надаються певні преференції. У світі прийняті такі регуляторні інструменти, які роблять економічно-вигідними пропозиції виробників: зелений тариф, це зобов'язання покупця (держави, домогосподарства, підприємства) купувати електричну чи теплову енергію, що виробляється з відновлювальних джерел енергії за вищою ціною, а ніж від традиційних джерел енергії (газ, мазут, вугілля); квотування, встановлення обмежених розмірів на продаж теплової чи електричної енергії; сертифікати відновлювальних джерел енергії та торгівля ними; податкові пільги.

За зеленим тарифом, посередники або споживачі, зобов'язані купувати електричну чи теплову енергію з відновлювальних джерел за спеціальними тарифами, які збільшують кінцеву вартість, у поєднанні з традиційними джерелами енергії. Вважалось, що вищу ціну енергії покривають споживачі з додатковою надбавкою на одиницю продукції в залежності від їх споживання. Тому, передумовою розвитку даного виду стимулювання мають бути високі тарифи. [2]

Квотування – це визначення прийняттого рівня споживання та ціни, шляхом передбачення максимальної ціни на кіловат-годину енергії. Квотуванню може підлягати: потужність або частка потужності. Потім, відбувається торги за квоти, починаючи з найменшої суми, і шляхом досягнення балансу, встановлюється середня ціна на квоту, тобто обсяг та ціна виробництва енергії з альтернативних джерел. Вища вартість квот, у порівнянні з традиційними джерелами енергії покривається за рахунок спеціального податку зі споживачів, за використання альтернативної енергії або просто через вищий його тариф.

Сертифікати – це механізм реєстрації обсягів енергії з відновлювальних джерел. При продажу енергії, виробник зобов'язаний підтвердити що виробив саме таку кількість енергії, а не іншу. Сертифікат, випускається державою, і купівля цього сертифікату надає право і можливість встановлювати ринкові тарифи на альтернативні види енергії. Виробники, що не мають такого сертифікату – штрафуються.

Перелік посилань:

1. «От холода к теплу – Международное энергетическое агентство». 2005 г.– 302с.
2. Агробіоенергетичний ринок України: монографія / Галина Сергіївна Трипольська; НАН України; Інститут прогнозування – К. 2011. – 264с.

ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ ТЕС, ГЕС ТА АЕС

Енергетика – найважливіший фактор у процесі перетворення природи людиною. Виробництво енергії, її транспортування і споживання набули глобального характеру. Створений людством енергетичний потенціал забезпечує сучасні технології освоєння навколишнього космічного простору. Поряд з тим майже 80% усіх видів забруднення біосфери зумовлює саме енергетична промисловість, яка включає добування, переробку і використання палива.

Виробництво енергії на ТЕС супроводжується виділенням великої кількості теплоти, тому такі станції, як правило, будуються поблизу міст і промислових центрів та утилізації цієї теплоти. Зважаючи на обмеженість світових запасів мінерального палива, вчені й технологи продовжують працювати над поліпшенням параметрів енергоблоків, підвищенням їхніх коефіцієнтів корисної дії. Спалювання мінерального палива супроводжується сильними забрудненнями довкілля. Розглянемо головні з них: забруднення атмосфери газовими й пиловими викидами оксиди сірки й азоту, внаслідок чого випадають кислотні дощі, дрібними твердими частинками золи, шлаку, сажі. Вони забирають великі площі землі, забруднюють підземні і поверхневі води шкідливими речовинами. Ще більші ділянки землі порушуються величезними вугільними кар'єрами.

Паливно-енергетичний цикл АЕС передбачає видобування уранової руди й вилучення з неї урану, переробку цієї сировини на ядерне паливо (збагачення урану), використання палива в ядерних реакторах, хімічну регенерацію відпрацьованого палива, обробку й поховання радіоактивних відходів. Усі ці операції супроводжуються небезпечним радіоактивним забрудненням природного середовища. Забруднення починається на стадії видобування сировини, кількість радіоактивних відходів зростає на стадії збагачення уранової руди, з якої виготовляють твели – спеціальні елементи, що виділяють тепло, котрі надходять потім на АЕС. Радіація має дуже негативну особливість: усе, що контактує з радіоактивною речовиною саме стає радіоактивним, а, отже, небезпечним. Досвід переконливо свідчить, що однією з основних проблем, пов'язаних з використанням атомної енергії, є поховання ядерних відходів. Ця проблема з часом стає гострішою й з регіональної переростає в глобальну.

Порівняно з ТЕС і АЕС гідроелектростанції мають низку переваг: вони майже не забруднюють атмосферу; поліпшують умови роботи річкового транспорту; працюючи в парі з ТЕС, беруть на себе навантаження під час максимального (пікового) споживання електроенергії; агрегати ГЕС уводяться в дію дуже швидко, на відміну від агрегатів ТЕС.

Разом із цим ГЕС, особливо ті з них, що побудовані на рівнинних ріках, завдають шкоди довкіллю: затоплення величезних площ; піднімається рівень ґрунтових вод, заболочується територія, виводяться із сівозмін великі площі землі; на водосховищах тривають обвали берегів, які на окремих ділянках відступили вже на сотні метрів. Греблі перетворили Дніпро на низку застійних озер, що мають слабкий водообмін та погану самоочищуваність і стають уловлювачами промислових забруднень. Дуже потерпають від гребель мешканці річок – планктон і риба. Багато риби і планктону гине в лопатях турбін. Водосховища, забруднені стоками, добривами, що змиваються з полів, улітку нерідко „цвітуть”, що спричинює масову загибель риби та інших мешканців водойм.

Враховуючи вищезазначене, необхідно знайти принципово нові джерела енергії, оскільки небезпека забруднення навколишнього середовища має великий відсоток. Для одержання енергії можна використовувати деякі природні сили, що діють на планеті. Це енергія вітру, морів та океанів, внутрішнього тепла Землі, Сонця.

- Перелік посилань: 1. Open Library – відкрита бібліотека учбової інформації.
2. Конспект, раздел Образование, з дисципліни ЕКОЛОГІЯ
3. Веда – електронна бібліотека.

Аспірант Збітнев П.В.
доц., к.т.н. Неженцев О.Б.

ОПТИМІЗАЦІЯ ГАЛЬМУВАННЯ МОСТОВОГО КРАНУ ВУГІЛЬНИХ СКЛАДІВ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Процеси гальмування мостових кранів вугільних складів електростанцій супроводжуються великими динамічними навантаженнями. При цьому, як правило, застосовується гальмування противмиканням електродвигунів за неоптимальними (з позиції динамічних навантажень і швидкодії) механічними характеристиками. Крім того, при гальмуванні противмиканням мають місце великі втрати енергії.

У роботах [1, 2] виконана оптимізація механічної характеристики приводу пересування мостового крана при гальмуванні. Однак в узагальненому критерії оптимізації не враховувався один з найважливіших параметрів гальмування електродвигуном – втрати енергії.

У даній роботі удосконалено методику та виконано оптимізацію механічних характеристик приводу пересування мостового грейферного крана в/п 10 т в режимі двоступеневого противмикання. Пошук оптимальних механічних характеристик здійснено методом «крутого сходження» [3]. У якості критерію оптимізації використано узагальнену функцію бажаності D , яка містить: час гальмування крана t_t , максимальні навантаження на металоконструкцію крана P_m^{\max} і вантаж P_k^{\max} , втрати енергії в приводі $\Delta E^{\text{прот}}$.

Значення параметрів оптимізації визначалися за результатами чисельного інтегрування системи нелінійних диференціальних рівнянь, що описує процес гальмування мостового крана, представленого тримасовою розрахунковою схемою [4].

У режимі гальмування противмиканням механічна характеристика приводу задавалася трьома факторами: s_{k1} і s_{k2} – критичні ковзання, відповідно, на першому і другому ступенях гальмування; $V_{\text{вкл}}$ – швидкість крана, при якій відбувається перемикання з першої механічної характеристики на другу.

Для оптимізації характеристик методом крутого сходження було обрано поліном, що описує початкову (локальну) ділянку поверхні відгуку D , і проведено повний факторний обчислювальний експеримент типу 2^3 та отримано рівняння регресії:

$$D^p = 0,836 + 0,002375 \cdot Z_1 + 0,017 \cdot Z_2 - 0,005375 \cdot Z_3.$$

Далі було визначено градієнт і проведено досліди крутого сходження. Кращий результат отримано в досліді №12: $P_m^{\max} = 8,84$ кН; $P_k^{\max} = 5,61$ кН; $\Delta E^{\text{прот}} = 140,555$ кДж; $t_t = 7,77$ с. Порівняння цих результатів з параметрами гальмівного процесу при традиційному гальмуванні противмиканням показує, що динамічні навантаження знизились більш ніж вдвічі, а втрати енергії – більш ніж на 20%.

Перелік посилань:

1. Неженцев А.Б. Поиск оптимальной характеристики привода передвижения мостового крана в режиме электродинамического торможения / А.Б. Неженцев // Известия Тульского государственного ун-та. Сер. Подъемно-транспортные машины и оборудование. Вып. 4. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2003. – С. 149-157.
2. Збітнев П.В. К вопросу формирования тормозных процессов мостовых кранов / Збітнев П.В., Будиков Л.Я, Асеев А.М. // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля № 6 (195), ч. 2, 2013.– С. 110-115.
3. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В.– М.: Наука, 1976.– 279 с.
4. Аветисян С.М. Программное обеспечение для исследования переходных процессов грузоподъемных кранов (ч.1: при работе механизмов передвижения) / Аветисян С.М., Неженцев А.Б. // Підйомно-транспортна техніка. – 2003. – №4(8). – С. 33-48.

СЕКЦІЯ №4

**Проблеми
теоретичної і
промислової
теплотехніки**

УДК 621.581

Аспірант Барабаш В.П.
Проф., д.т.н. Пуховий І.І.

ПРОМИСЛОВІ ВИПРОБУВАННЯ СИСТЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛА ГВИНТОВОГО КОМПРЕСОРА

Приблизно 10% всієї електричної енергії, що використовується в промисловості споживається в системах стисненого повітря. Відомо, що майже 90 % цієї енергії перетворюється в тепло, яке відводиться в навколишнє середовище через систему охолодження. При ідеальних умовах 95 % цієї теплової енергії є можливість використати для нагріву води в системах опалення чи гарячого водопостачання [1].

В повітряному масло-заповненому компресорі тепло від стисненого повітря відводиться до охолоджуючого масла, яке надалі охолоджується в масло-повітряному теплообміннику встановленому в компресорі, тобто іде на нагрів навколишнього середовища.

Для утилізації даного тепла в циркуляційний масляний контур компресора є можливість встановити додатковий теплообмінник-утилізатор, який буде нагрівати воду до температури 90 °С, наприклад для потреб системи теплопостачання.

На ПАТ ЗБК ім. Світлани Ковальської в Києві було змонтовано та успішно запущено в роботу системи утилізації трьох гвинтових компресорів електричною потужністю 132 кВт та один компресор електричною потужністю 90 кВт. Система утилізації тепла двох компресорів потужністю 132 кВт підключена до системи опалення заводу. Система утилізації тепла третього компресора 132 кВт та компресора 90 кВт підключена до системи гарячого водопостачання та системи підігріву технологічної води заводу. Данні споживачі тепла підключені від існуючих водогрійних та парових котелень, що працюють на природному газі та дизельному паливі. Кожна система утилізації тепла була обладнана тепловим лічильником для постійного контролю роботи даної системи.

В результаті роботи системи утилізації тепла компресора електричною потужністю 132 кВт для потреб підігріву технологічної води, капіталовкладення даної системи повністю окупили себе менше ніж за чотири місяці роботи в опалювальний період 2015 року.

Використані джерела:

1. Михайлов А.К., Ворошилов В.П. – Компрессорные машины. Учебник для вузов - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 288 с., ил.

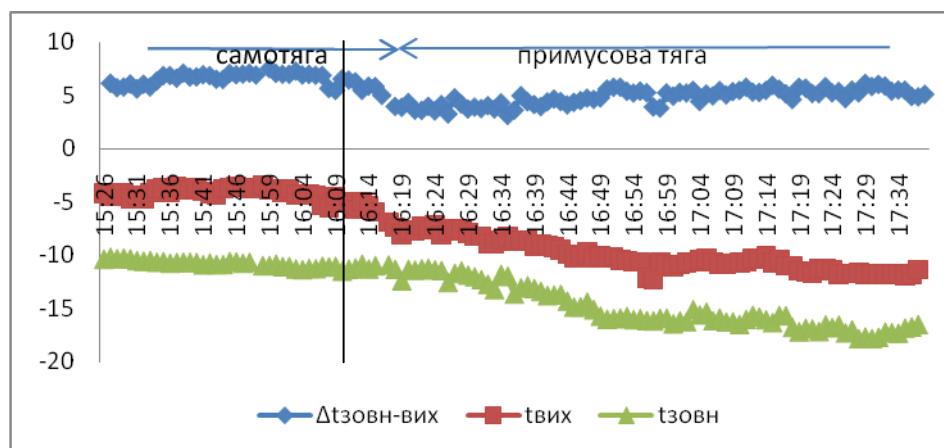
УДК 69.621.58

аспірант - Постоленко А.М.
проф., д.т.н. Пуховий І.І.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДГРІВАЧА ПОВІТРЯ ПРИ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ВОДИ В БУРУЛЬКАХ НА НАХИЛЕНИХ НАСАДКАХ В ПЛІТНОМУ АПАРАТІ

Відомі дослідження з використання теплоти кристалізації води для теплопостачання. Нами розроблений апарат для підігрівання повітря достатньої потужності для використання в індивідуальному будинку площею до 400м². На консольних насадках із ПВХ труб діаметром 32мм розміщені в 2 яруси на відстані 0,6м по вертикалі. Труби нахилені до горизонту під кутом 30 град. Труби в насадках розміщені таким чином, що направлені вільними кінцями на зустріч щоб лід, який знімається з установки мав змогу вільно рухатись. Під нижнім ярусом є простір для заморожування льоду. Відстань до насадки складає 0,8м. Повітря до установки потрапляє через два нижні отвори в бічній стінці, що має розмір 0,36м×0,5м. Таким чином, повітря спочатку охолоджує забезпечує утворення льоду на 1-му ярусі (нижній), а потім переміщується на 2-й (верхній) ярус. Тут повітря догрівається теплою кристалізації. Подача води зверху проводилась крапельницями або форсунками. Поперечний переріз установки складає 0,76м×1,1м. Корпус установки теплоізолюваний. Використана високоефективна теплова ізоляція з екструдованого пінополістиролу товщиною 0,08м. Нагріте повітря потрапляє в вихідний канал, що виконаний з листа оцинкованої сталі товщиною 0,45мм. Канал має круглий переріз діаметром 0,4м. З зовнішньої сторони канал має високоефективну ізоляцію товщиною 0,025мм із спіненого каучуку, що гарантує мінімальні втрати теплоти через стінки каналу. Висота каналу складає 0,75м. Для роботи установки з примусовим переміщенням потоку повітря використаний вентилятор з крильчаткою діаметром 0,370м і витратою повітря 1300м³/год. Встановлена потужність двигуна вентилятора складає 20Вт. При роботі установки в режимі «самотяга» витрата повітря склала 240м³/год. При цьому, різниця температур між повітрям на виході та вході в установку становила в середньому 6,5°C. Відповідно кількість теплоти, що пішла на нагрів повітря склала 560Вт. При роботі установки в режимі «примусова тяга» витрата повітря склала 1300м³/год. При цьому, різниця температур між повітрям на виході та вході в установку становила в середньому 4,8°C. Потужність, що пішла на нагрівання повітря склала 2,260Вт.

На рисунку показані відповідно зміни температур атмосферного повітря і нагрітого повітря в період морозів. Максимально повітря підігрівалось при вирощених попередньо бурульках на 4 і 6 С в залежності від способу руху.



ТЕПЛО- І МАСООБМІН В КОНТАКТНИХ АПАРАТАХ КРАПЕЛЬНОГО ТИПУ

Серед багатьох проблем при вирішенні задач ефективного використання вторинних енергоресурсів одне із важливих місць посідає проблема використання теплоти низькотемпературних відхідних газів як енергетичних, так і технологічних агрегатів та пристроїв. Одним із ефективних напрямків вирішення цієї проблеми є використання контактних утилізаційних апаратів крапельного типу.

В зв'язку з практичною відсутністю експериментальних досліджень в системі парогазова суміш факел конуса розпилу [1-3] було прийнято рішення про проведення експериментальних досліджень коефіцієнтів переносу в газокрапельній системі з відцентровою форсункою. Для цього була спроектована і виготовлена експериментальна установка для дослідження процесів переносу з наступними елементами: контактна камера, камера змішування, відцентрова механічна форсунка, електричні нагрівники, вентилятор, котел, водяний фільтр та контрольно-вимірювальна апаратура.

В результаті експериментального дослідження було отримано розподіл температури середовищ по перерізу камери, профілі розподілу температури «сухого» термометра для парогазової суміші і крапель води по висоті камери змішування, розподіл середнього вологовмісту по поперечному перерізу камери та її висоті.

Дослідження проведені в діапазонах зміни параметрів: надлишковий тиск води перед форсункою змінювався в діапазоні $P=0,2-0,6$ МПа, а її температура була на рівні $15-22$ °С. Початкова температура парогазової суміші задавалась 105 °С, витрата сухого повітря змінювалась від $19,5$ до $45,9$ м³/год, а об'ємна доля водяної пари (відношення об'ємної витрати пари до об'ємної витрати суміші) на вході в установку від $0,05$ до $0,35$.

З урахуванням результатів попередньо вирішеної теоретичної задачі про швидкість руху і сумарну величину поверхні крапель отримані експериментальні залежності з інтенсивності тепло- і масообміну.

В результаті проведених досліджень: **1.** Отримано експериментальні залежності коефіцієнтів переносу, віднесених до міжфазної поверхні від парогазової суміші до системи крапель у вигляді конуса розпилу води відцентровою форсункою. **2.** Показано, що інтенсивність тепловіддачі від парогазової суміші до крапель води у вигляді конуса розпилу вище, ніж для руху одиночної краплі. **3.** Показано, що інтенсивність масовіддачі від парогазової суміші до крапель води у вигляді конуса розпилу нижче, ніж для руху одиночної краплі. **4.** Отримано узагальнюючі залежності для середніх коефіцієнтів тепло- і масовіддачі, які використанні для створення методики розрахунку подібних контактних апаратів крапельного типу. Дані залежності враховують умови протікання процесів переносу в реальній газокрапельній системі.

Перелік посилань:

1. Терехов В.И., Пахомов М.А. Численное исследование гидродинамики, тепло- и массообмена двухфазного газопарокапельного потока в трубе // Прикладная механика и техническая физика. — 2003. — Т. 44, № 1. — С. 108-122.

2. Тумашова А.В. Моделирование процессов тепло- и массообмена в форсуночных оросительных камерах: автореф. канд. дисс. Томск, ГОУ ВПО «ТГАСУ», 2011. — 19с.

3. Мустафин Р.Р. Математическое моделирование процессов тепломассообмена двухфазных потоков в двигателях летательных аппаратов: автореф. канд. дисс. Уфа, ГОУ ВПО «Уфимский ГАУ», 2010. — 15с.

СТРУЙНО-НИШЕВА ТЕХНОЛОГІЯ СПАЛЮВАННЯ, ЯК МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Важливе місце в паливно-енергетичних комплексах займають високотемпературні теплотехнічні установки (ВТУ). На сьогоднішній день сфера застосування високотемпературних теплотехнічних установок дуже широка. До них відносяться: промислові печі, нагрівальні колодязі, мартенівські печі, вагранки і т.д. в різних сферах народного господарства (енергетика, промисловість, опалення, гаряче водопостачання, сільське господарство тощо).

Відомі світові дослідники в галузі спалювання органічних палив, фундаторів школи практичної теорії горіння Христича В.А. та Любчика Г.М.

На теплоенергетичному факультеті вже з 80-х років почали активно проводитися експериментальні та аналітичні дослідження, що дозволило сформулювати основні закономірності струменево-нишової технології (раціональна роздача пального в потоці окислювача, створення стійкої аеродинамічної структури, автоматичність процесів сумішоутворення, термічна підготовка паливної суміші, самоохолодження і т.д.) [1].

Розглянемо, котли, які вже відпрацювали по 20-40 років і знизили свої еколого-теплотехнічні показники, як приклад котли ДКВР, що після модернізації на основі СНТ, розпалюються при тиску газу 0.5-2 мм в.ст., стабільно працюють на навантаженнях 5-10% від номінальних, ККД у діапазоні роботи - 93-96%, за рахунок розрядження в топці котла справно працюють у вентеляторному режимі. При цьому емісія NOx, приведена до $\alpha = 1$, знижується до 100 мг/нм³. Так як ПП СНТ прямоочного типу, то в топковому просторі відсутні великі вихорі, відповідно, накид факелу на екранні труби, тому за погодженням з заводом-виробником прибираються захисні стінки біля бічних екранів, що дозволяє зменшити корозійне зношування стиків труб з колекторами і покращує термостан труб. Підсумовуюче вище сказане можна зробити висновок, що вітчизняна техніка надійна, ремонтпридатна, приємна вітчизняному обслуговуючому персоналу і при застосуванні новітніх сучасних технологій має повне право конкурувати з європейськими виробниками даних установок.

На даний момент триває впровадження новітніх технологій. В результаті дослідницьких робіт послідовно розроблені пальникові пристрої МДГГ, СНД, СНТ і, останнім на сьогоднішній день в цьому ряду, пальники ВРАД СНТ, що реалізовує новий етап розвитку струменево-нишової технології – технологію спалювання газу в газодинамічних «вихрових реакторах».

Ця технологія використовується при модернізації мартенівських печей, обертових печей, міксерів, сушарок і інших. На сьогодні модернізовано понад 700 котлів промислової теплоенергетики, які призначення для тепlopостачання та теплотехнологічних потреб промислових підприємств

Перелік посилань:

1. Абдулин, М.З. Применение струйно-нишевой технологии сжигания топлива в энергетических установках / М.З. Абдулин // Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. Вестник НТУ «ХПИ»: Сб. науч. трудов. – 2005. – № 6. – С.

УТИЛІЗАЦІЯ ПРОДУКТІВ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТВАРИНИЦЬКИХ КОМПЛЕКСІВ

На сьогоднішній день проблема ефективного використання та утилізації вторинних енергоресурсів є як ніколи актуальною. Економічна ситуація в Україні (невпинне зростання тарифів на електроенергію та тепlopостачання) та стан енерговидобувної промисловості змушують шукати нові рішення для задоволення потреб в енергоносіях особливо для аграрного сектора народного господарства країни [1].

Пропонується наступна принципова схема утилізації продуктів життєдіяльності тваринницького комплексу. Власне сам комплекс, що включає в себе: сільськогосподарські угіддя для вирощування кукурудзи, цукрового буряку, рапсу, корівник на 500 голів, збірник відходів життєдіяльності великої рогатої худоби, транспортер, дільниця генерації біогазу з вмістом метану до 70% (реактори газу з автоматичним підгрівом вихідного розчину відходів, газгольдери, компресор, склад біоматеріалів), вузол виробництва гарячої води (блок підготовки води, водогрійний котел, димова труба).

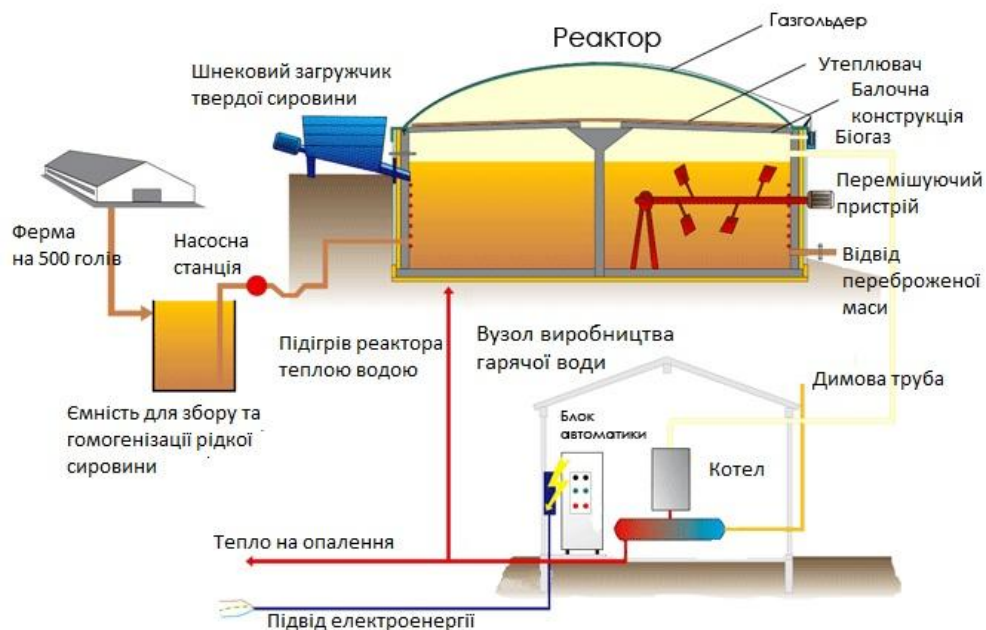


Рис. – Принципова схема утилізації продуктів життєдіяльності тваринницького комплексу.

Середня продуктивність великої рогатої худоби по перегною складає біля трьох тон в рік (1500 тон). Додатково в якості сировини для біогазу використовуються силосна кукурудза (92 тони), ботвина буряку (76 тон) та рапс (180 тон). Вихід газу з такої суміші може досягати [1]: з перегною – 65 м^3 з 1 тони та 300 м^3 з 1 тони зеленої сировини. Таким чином середньодобова продуктивність дільниці генерації біогазу може скласти 1700 м^3 . Для біогазу з вмістом метану близько 70% [1] теплотворна здатність складе 27860 кДж/м^3 . Отже, теплова потужність водогрійного котла складе в середньому 500 кВт (наприклад, система тепlopостачання 5-ти поверхового гуртожитку з їдальнею та дитячого садка).

Перелік посилань:

1. Баадер, Е.Доне, М. Бреннденфер Біогаз. Теорія і практика.

ВОДНЕВА ЕНЕРГЕТИКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ РОЗВИТКУ

В умовах зростаючого попиту на енергетичні ресурси, вичерпання викопних видів палива та зростаючого рівня забруднення навколишнього середовища в багатьох країнах світу взято курс на розвиток водневої енергетики як альтернативного та більш екологічно чистого виду палива [1-4].

Головними перевагами водню разом з екологічністю є практично невичерпна ресурсна база для його одержання та можливість універсального використання (в енергетиці, на транспорті, в елементах живлення різних пристроїв і т. ін.). Однак на сьогодні водневі технології ще не набули тієї якості й ефективності, коли вони могли б замінити традиційну енергетику та існуючі традиційні види палива і технології на транспорті.

В Україні дослідження водневих технологій знаходяться в початковій стадії, не зважаючи на тривалий час досліджень та наявність значної кількості наукових установ, які займаються цією проблемою. Разом з тим при успішному розвитку технологій використання водню Україна могла б раціонально використати свою багату (у т. ч. нетрадиційну) енергоресурсну базу, диверсифікувати джерела енергії, зменшити рівень енергетичної залежності, поліпшити екологічну ситуацію в країні.

В доповіді розглянуті можливі способи отримання водню та водневих сумішей, придатних для використання у якості ефективного, конкурентноздатного палива. Розглянуто можливі способи зберігання та транспортування водню та водневих сумішей, що особливо важливо для енергетичних установок транспортних засобів. Відмічається важливість забезпечення на початковому етапі пільгового оподаткування та іншу підтримку цих виробництв та наукових досліджень.

Зроблено висновок, що водень є перспективним паливом для України, а водневий напрям в енергетиці як високотехнологічний та наукоємний дозволить вийти на рівень розробок енергоефективних та екологічно чистих технологій майбутнього (XXI століття). Роботи в цьому напрямі потрібно починати вже сьогодні, щоб Україна не залишилася осторонь глобальної енергетичної революції, яка відбувається в передових країнах світу. Це дозволить Україні в майбутньому знайти своє місце в розподілі та використанні водневих технологій в міжнародному масштабі та не залишитися на задвірках науково-технологічного прогресу.

Перелік посилань:

1. www.old.niss.gov.ua/monitor/April/3.htm
2. www.eco-live.com.ua/content/book/42-energetika
3. www.materials.kiev.ua/hydrogen/356.pdf
4. www.hydrogen.nas.gov.ua

ПЕРСПЕКТИВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ КРАПЛИННОЇ КОНДЕНСАЦІЇ

Краплинна конденсація виникає в тому випадку, коли конденсат утворюється у вигляді крапель на охолодженій, погано змочуваній поверхні (що має крайовий кут більше 90°) замість безперервної плівки (див. рис. 1). Це досягається шляхом нанесення на поверхню теплообміну гідрофобних матеріалів, серед яких досить поширеними стали і нанотехнології. Даний процес характеризується високими коефіцієнтами тепловіддачі ($50000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$) в порівнянні з плівковою конденсацією ($5000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$). Таким чином встановлення режиму краплинної конденсації не тільки дає можливість значно зменшити розміри та вагу теплообмінних апаратів, але і призводить до підвищення корозійної стійкості матеріалів [1, 2].

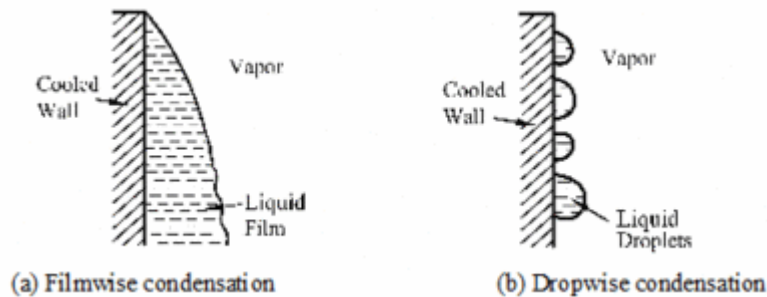


Рис. 1 – Гетерогенна конденсація

У порівнянні із великим обсягом досліджень, присвяченим краплинній конденсації водяної пари, досить мало уваги приділяється рідинам із малим значенням коефіцієнту поверхневого натягу. Ряд вуглеводнів, холодоагентів та кріоагентів широко застосовуються у промисловості. При правильно спроектованій поверхні теплообміну їх коефіцієнти тепловіддачі можливо збільшити в 4-8 рази в режимі краплинної конденсації.

Активатори, такі як масла або смоли, утримуються металами та є гідрофобними поверхнями по відношенню до води. Проте їх недолік – короткий час підтримання якісної краплинної конденсації. Досягнення в сфері нанотехнології дозволили вченим розпочати розробку нового способу гідрофобізації конденсуючих поверхонь, а саме: нанесення шару графена, товщиною в один атом. Коефіцієнт тепловіддачі зріс в 4 рази, протягом 500 годин тестувань властивості покриття не погіршились. Графен являє собою двовимірну модифікацію вуглецю, товщиною в один атом. Матеріал володіє великою механічною жорсткістю (до 1 ТПа) та рекордно великою теплопровідністю ($5 \cdot 10^3 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$).

Перелік посилань:

1. Enright, Ryan et al. "Dropwise Condensation on Micro- and Nanostructured Surfaces." *Nanoscale and Microscale Thermophysical Engineering*, Volume 18, Issue 3, July 2014. pages 223-250.
2. Dietz C., Rykaczewski K., Fedorov A. G. & Joshi Y. Visualization of droplet departure on a superhydrophobic surface and implications to heat transfer enhancement during dropwise condensation. *Appl. Phys. Lett.* 97, 033104 (2010).

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОЗБІРНИХ І ПАЯНИХ ПЛАСТИНЧАТИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ. ЧАСТИНА II . ПАЯНІ ПЛАСТИНЧАСТІ ТЕПЛООБМІННИКИ.

Паяний теплообмінник є ефективним і продуктивним обладнанням в системах теплопостачання, які працюють за принципом теплопередачі. Вперше пластинчаті паяні теплообмінники були розроблені і використані в середині 70-х років 20 сторіччя [1].

Паяний пластинчастий теплообмінник служить для передачі тепла від одного середовища до іншого. Складається з гофрованих пластин, які з'єднані пайкою і утворюють складні канали, по яких подається відповідно середовище, що нагрівається і те що гріє. Останні роки все більше затребувані системи опалення, вентиляції, кондиціонування. Особливу увагу приділяють системам охолодження повітря до комфортних параметрів у великих обсягах торгових центрів, тепло насосним системам, промислового холоду і гарячому водопостачанню. Це є лише неповний перелік областей застосування паяних теплообмінників. Серед переваг паяних теплообмінників варто окремо зазначити простоту конструкції, яка не потребує заміни ущільнень.

Паяні теплообмінники мають такі характеристики:

- робочий тиск до 40 бар ;
- кути нахилу рельєфу симетричні і розташовані під тупим і гострим кутом;
- для процесів, де неприпустимо змішання робочих середовищ розроблені здвоєні пластини;
- Потік розрахований до 640 м³ / год;
- при температурі – 195°С - + 350 °С;
- пластини всієї конструкції з'єднуються між собою і складається переважно з нержавіючої сталі, матеріал для спаювання – мідь;
- відсутні прокладки і окремі частини рами;
- рух потоків усередині пластин – паралельний.

Слід зазначити, що паяні теплообмінники також мають певні недоліки. Вони не завжди можуть замінити розбірні. Максимальне теплове навантаження паяних теплообмінників знаходиться в діапазоні 1-3 Гкал / год, що накладає певні обмеження на область їх застосування. Так наприклад, в центральних теплових пунктах, котельнях, в системах з великими витратами теплоносія потрібні теплообмінні апарати з тепловим навантаженням від 3-4 Гкал / год і більше. Для таких застосувань використання паяних теплообмінників стає неефективним, а з часом - просто неможливим. Навіть у випадку паралельної установки декількох паяних теплообмінників, перевага залишається на боці розбірного, як за ціновими так і по габаритно - ваговими показниками. У таких випадках кращим є вибір саме розбірного теплообмінника, теплове навантаження якого може досягати 100-200 Гкал / год, що на два порядки більше, ніж паяного .

Перелік посилань:

1. <http://www.patriot-nrg.ua/>
2. <http://new-energy.com.ua/>

УДК 621.577.4

Студент 3 курсу, гр. ТП-31 Міщук Є.А.
Доц., к.т.н. Гавриш А.С.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ОПАЛЕННЯ

З кожним роком зростають ціни на всі традиційні типи енергоносіїв. У той же час для них постійно підвищуються різні екологічні вимоги і регламенти. Перед інженерами з'явилося нове завдання - створити сучасну систему автономного енергопостачання. Результатом їх роботи є високотехнологічні геотермальні установки. Сьогодні в промисловості геотермальне опалення має дуже велике значення[1, 2].

Геотермальне опалення будинку засноване на повністю екологічному енергопостачанні. При використанні даної технології житлова будівля буде отримувати тепло з самої Землі. Геотермальна енергія - це одне з джерел опалення, гарячого водопостачання та електропостачання будинку. Цей підхід є абсолютно не нешкідливим для довкілля. Дотепер в Україні використання альтернативних методів енергопостачання приватних будинків є розвиненим недостатньо.

Розглянемо принципову схему роботи стандартної геотермальної установки, яка вказана на рисунку 1.

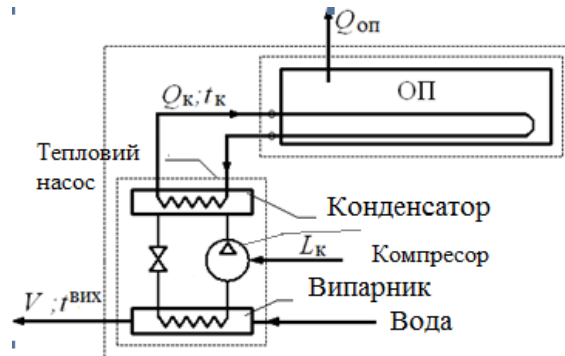


Рисунок 1. – Принципова схема роботи геотермальної установки.

Відбір тепла відбувається через прокладені в надрах землі або по дну водоймища спеціальних труб. Дана конфігурація підійде лише тим жителям, чії будинки розташовуються в безпосередній близькості від водних ресурсів, глибина яких не менше 3 метрів.

Фреон, що знаходиться в трубах нагрівається до 5-10 градусів Цельсія і за допомогою теплового насоса подається до будинку. Перш ніж передати енергію землі в будинок, її необхідно перетворити в тепло. У даній схемі тепловий насос здатний працювати в двох режимах - нагрів або охолодження. У теплу пору року насос охолоджує енергоносіїв, а в холодну нагріває. Його функції дуже схожі з побутовим кондиціонером.

Найголовнішою перевагою геотермальних установок вважається його екологічність. Абсолютна відсутність шкідливих викидів у навколишнє середовище вказує на перспективу автономного опалення споруд різного господарського призначення. Даний спосіб опалення будинків не може заподіяти ніякої шкоди люду, тому що при його експлуатації не виділяються ніякі відходи, запахи або вуглекислий газ. Користувачам геотермальних систем не загрожує виникнення пожежонебезпечних ситуацій, адже тут не відбувається спалювання енергоносія. Тиха робота теплового насоса забезпечує зручну його експлуатацію.

Перелік посилань:

1. <http://pk.napks.ru/>
2. <http://insolar.com.ua/>

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ В УКРАЇНІ

Теплообмінний апарат є основою будь-якої системи теплопостачання, які, в свою чергу, необхідні для функціонування процесів, як в промисловості, так і комунальному господарстві та побуті [1-3].

Багато європейських та вітчизняних фірм-виробників теплоенергетичного обладнання займаються проектуванням, конструюванням, обслуговуванням та розповсюдженням теплообмінників.

Серед провідних українських компаній можна виділити наступні:

Термопром (Termoprom) – займаються конструюванням, проектуванням, розповсюдженням та монтажем теплотехнічного обладнання. Спеціалізуються на розбірних пластинчатих теплообмінниках («СТА» Україна). Також є імпортерами таких європейських компаній, як: Swep (Паяні ТОА, Швеція), Secespol (Кожухотрубчаті ТОА, Польща), Со.Ма. (Калорифери, Італія). Дане обладнання використовується в хімічній, газовій, енергетичній, нафтопереробній галузях промисловості. Також, можливості різної конфігурації теплообмінників, дають змогу застосовувати їх в комунальному господарстві та як індивідуальні системи опалення.

Теплоком (Teplocom) – компанія, що спеціалізується на виконанні інженерних робіт з модернізації підприємств харчової промисловості. Виробляють кожухотрубчаті пароводяні теплообмінники, які використовуються для нагрівання практично всіх продуктів цукрового виробництва.

КалинаІФ – розробляють проекти котелень та конструюють їх; виробляють пластинчаті теплообмінники та попередньо ізольовані труби, займаються їх монтажем та обслуговуванням. Їхні теплообмінні апарати застосовуються в нафтовій та хімічній промисловостях. Також широкий вибір конфігурацій продукції, дає змогу застосовувати її, як на ТЕС і АЕС, так і для індивідуальних потреб.

Також можна навести приклади деяких найбільш відомих європейських фірм, продукцію яких розповсюджують та застосовують в Україні:

SWEP&TRANter – шведська компанія-розробник паяних пластинчатих теплообмінників. Компактні апарати, які максимально використовують енергію теплоносія, розраховані на робочі тиски до 45 атм та діапазон температур від -195°C до $+220^{\circ}\text{C}$. Мають широке застосування, від застосування в виробництві газових котлів до систем керування клімату в шафах-охолоджувачах продуктів в супермаркетах.

Alfa Laval – фірма-розробник обладнання, яке підвищує ефективність промислових процесів (теплообмін, сепарація, керування потоками). Мають широкий спектр пластинчатих теплообмінних апаратів, які використовують більше 100 країн світу, включаючи Україну. Компанія приділяє велику увагу деталям, що розширяє функціональність пластинчатих теплообмінників, на відміну від кожухотрубчатих.

На сьогодні, лідером серед теплообмінних апаратів є пластинчатий. Він має широке застосування, що забезпечується компактністю і доволі широкими межами робочих параметрів, що робить його доступним для індивідуального використання.

Перелік посилань:

1. <http://termoprom.com.ua/>
2. <http://www.teplocom.kiev.ua/>
3. <http://www.teploenergo.od.ua/>

УДК 644.1

Студенти 3 курсу гр. ТП-31: Ословський С.О., Сологуб А.І.
Доц., к.т.н. Гавриш А.С.

ПОГОДОЗАЛЕЖНЕ ОПАЛЕННЯ ЖИТЛОВИХ ТА ГРОМАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ. ЧАСТИНА II. ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ.

На початку 21-го сторіччя особливо актуальними є питання енергозбереження та оптимізації роботи теплотехнічного обладнання. Реалізація такого підходу досягається за рахунок встановлення в теплових мережах систем автоматичного регулювання параметрів теплоносіїв. Так для типових 5-и та 9-и поверхових житлових будинків після встановлення погодо залежного опалювання середня економія теплової енергії за опалювальний сезон склала 27%, а навесні та восени досягла 45-55%.

Для експлуатації та стабільного функціонування систем погодо залежного опалювання використовується принципова схема показана на Рисунку 1.

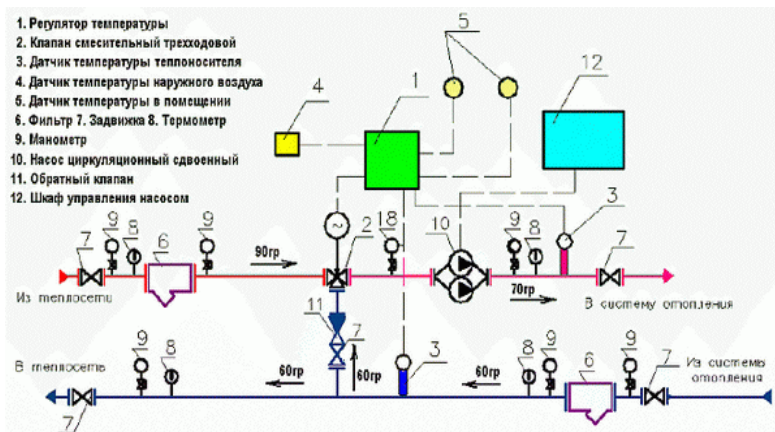


Рис.1 - Принципова схема роботи установки.

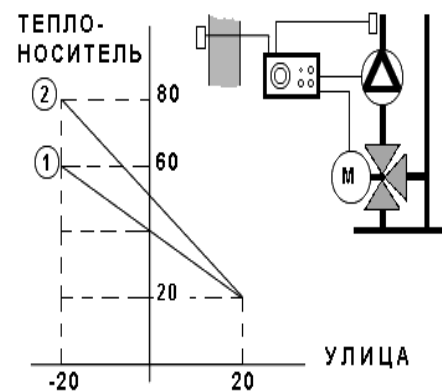


Рис.2 – Принципова схема контролера

Головною особливістю даної схеми теплопостачання є автоматизована вимірювальна та регулююча апаратура, в основі якої лежить так званий “погода залежний” контролер. Принципова схема даного апарата показана на Рисунку 2. Даний прилад включає в себе:

1. Електронний регулятор, який зчитує та обробляє інформацію з вимірювальних приладів та подає регулюючі сигнали.
2. Циркуляційний насос. Створює надлишковий тиск в мережі 0.5 - 6 ат.
3. Трьохходовий змішуючий клапан. Дозволяє за необхідності домішувати холодний теплоносій до гарячого.

В результаті використання даної схеми опалення житлових та громадських будівель значно скорочуються витрати палива на районних котельнях або ТЕЦ та підвищується рівень комфорту мешканців будівель.

Перелік посилань:

1. <http://www.encenter.at.ua/>.
2. <http://www.heating.danfoss.ua/>.

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОЗБІРНИХ І ПАЯНИХ ПЛАСТИНЧАТИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ. ЧАСТИНА І. РОЗБІРНІ ПЛАСТИНЧАСТІ ТЕПЛООБМІННИКИ.

Одним із основних елементів будь-якої системи тепlopостачання є теплообмінні апарати (або просто теплообмінники). У сучасних системах тепlopостачання на зміну традиційним кожухотрубним теплообмінникам прийшли, і практично витіснили їх, пластинчасті теплообмінники [1, 2].

На сучасному ринку теплотехнічного обладнання України привалюють:

- Розбірні пластинчасті теплообмінники ;
- Паяні пластинчасті теплообмінники ;
- Зварні та напівзварні пластинчасті теплообмінники .

Із цих трьох видів в центральних і індивідуальних теплових пунктах найбільше використовуються і користуються попитом перші два види - розбірні й паяні. За певних умов перевага може віддаватися саме розбірним пластинчастим теплообмінникам. Цьому можуть сприяти декілька факторів, які залежать від вимог організацій, що займаються тепlopостачанням та експлуатацією обладнання. Іншим чинником є можливість розбирання даного типу теплообмінників для механічного очищення від накипу й інших відкладень, а також для нанесення захисту від корозійно-ерозійних процесів.

Особливості розбірних теплообмінників:

- виготовляються у п'яти виконаннях, у тому числі: на консольній рамі, на двоопорній рамі, на триопорній рамі;
- мають чотири прохідних отвори, які утворюють дві ізольовані одна від одної системи каналів;
- повна протитечія гарячого і холодного середовища;
- максимальні витрати від 0,1 до 4600 м³ / год;
- поверхня теплообміну становить 2- 400 м² в одному апараті;
- призначені для роботи при тиску до 16 кг/с^{м²};
- температура робочого середовища від - 30° до 120°-180°С.;
- можуть працювати з робочими середовищами, в яких розмір твердих часток не перевищує 4 мм.

Особливістю розбірного пластинчастого теплообмінника є той факт, що він складається з пакету гофрованих пластин, розділених ущільненнями. Завдяки формі теплообмінної поверхні, виконаної у вигляді гофрованих пластин, ці теплообмінники отримали назву пластинчасті. Пакет пластин фіксується за допомогою стяжних шпильок між двома притискними плитами. Пакет стискається до певного розміру, що виключає залишкові деформації. Завдяки простоті конструкції і високій ефективності пластинчасті теплообмінники зайняли величезну нішу в системах тепlopостачання і практично витіснили інші види теплообмінників. Для оптимально підбраного обладнання площа теплообміну буде менше, відповідно коефіцієнт тепlopередачі буде вищий, ніж у інших аналогів.

Перелік посилань:

1. <http://zavantag.com/>
2. <http://opeks.ua/>

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В УКРАИНЕ

Перспективным источником электроэнергии является солнечная энергия. Это одно из самых динамично развивающихся направлений альтернативной энергетики, базирующееся на использовании излучения Солнца для получения электрической энергии [1, 2]. Электроэнергия, полученная с помощью солнечной энергетики является экологически чистой. На сегодняшний день применение солнечных батарей не имеет границ. С технической стороны главное преимущество таких систем заключается в полном отсутствии расходных материалов, а также в отсутствии необходимости применять любые виды топлива. Помимо этого в таких системах нет движущихся элементов, которые вырабатывают много шума и быстро изнашиваются. Они не нуждаются в постоянном техническом обслуживании и ремонте. Таким образом, электроснабжение от солнечных батарей является выгодным с любой точки зрения. С каждым днем все чаще они успешно применяются в самых разнообразных областях промышленности, в сельском хозяйстве, военно-космической отрасли и даже в повседневной жизни людей. Солнечные элементы стали настолько обычными, что они используются и для бытовых приборов - калькуляторов, часов и т. д. Также начали строить малые и средние электростанции. В современной жизни широко применяют солнечные коллекторы.

В зависимости от пути передачи энергии солнца теплоносителю различают 2 разновидности солнечных коллекторов:

- плоские солнечные коллекторы;
- трубчатые вакуумные коллекторы.

Солнечные коллекторы применяются для отопления промышленных и бытовых помещений, для горячего водоснабжения производственных процессов и бытовых нужд. Наибольшее количество производственных процессов, в которых используется тёплая и горячая вода (30—90 °С), проходят в пищевой и текстильной промышленности. Таким образом они имеют самый высокий потенциал для использования солнечных коллекторов. Могут использоваться и в установках для опреснения морской воды.

При выборе места установки коллектора, необходимо учитывать габаритные характеристики строения и местности. Группы коллекторов устанавливаются с учетом географической ориентации и возможности изменять сезонный угол наклона. Значимым показателем является площадь апертуры, то есть площадь приёма солнечных лучей активными элементами коллекторов. В плоских коллекторах площадь апертуры чаще всего равняется занимаемой площади. В трубчатых солнечных коллекторах (вакуумных солнечных коллекторах) площадь апертуры меньше в связи с тем, что между трубками имеются зазоры. Этот параметр влияет на производительность и эффективность работы коллектора.

Передовым потребителям и производителям остается надеяться, что применение в Украине альтернативных источников энергии станет общепризнанно целесообразным и широко востребованным.

Перечень ссылок:

1. <http://www.techno-guide.ru/>
2. <http://termoteh.at.ua/>

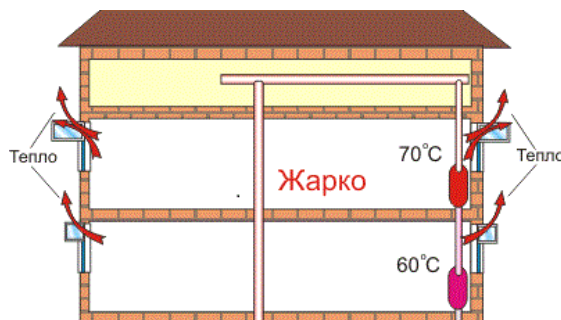
УДК 644.1

Студент 3 курсу, гр. ТП-31 Сологуб А.І.; студ. 3 курсу, гр. ТП-31 Ословський С.О.
Доц., к.т.н. Гавриш А.С.

ПОГОДОЗАЛЕЖНЕ ОПАЛЕННЯ ЖИТЛОВИХ ТА ГРОМАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ. ЧАСТИНА І. РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ОПАЛЕННЯ

Традиційно котельні реагують на перепади температури зовнішнього середовища із великим запізненням або не реагують зовсім і продовжують подавати теплоносії з такими ж характеристиками. Надлишкове тепло, яке постачається до житлових будинків, викликає дискомфорт. А відтак, щоб знизити температуру в приміщенні до комфортного рівня, мешканці квартир використовують вікна, випускаючи дорогоцінне тепло повітря назовні, як це зображено на рисунку:

Рисунок – Схема компенсації надлишкового тепла



Погодозалежне регулювання температури для теплових пунктів централізованої системи опалювання наприкінці 20-го сторіччя здійснювалося на теплоелектроцентралях (ТЕЦ), центральних теплових пунктах (ЦТП) та індивідуальних теплових пунктах (ІТП) в будівлях. Але через велику протяжність трубопроводів і пов'язану з цим інертність системи це не давало реального результативного ефекту. Крім того, були встановлені в ЦТП та ІТП такі елеваторні вузли, що не давали можливості здійснювати кількісне регулювання теплоносія. Таким чином, температура води, що надходила в систему опалення мінялася залежно від того, якими були її показники на ТЕЦ або в котельні. При цьому витратні характеристики залишалися постійними.

Сучасні контролери та засоби обліку дозволяють організувати якісно-кількісне регулювання теплоносія, що постачається на системи опалення приміщень незалежно від температури води на ГВП. Дотепер є актуальним комплексний підхід до раціонального використання енергоресурсів. До такого підходу належать заходи такі як зовнішнє утеплення приміщень та залучення погодо залежного регулювання опалення. Це в свою чергу дозволяє скоротити використання теплових ресурсів у зимовий майже на третину а у весняний і осінній періоди більше ніж на половину.

Перелік посилань:

1. <http://energoeffekt.info/>
2. <http://wikiteplo.ru/>
3. <http://www.teplomaster.org/>
4. <http://www.azov.greenenergy.in.ua/>

ЕФЕКТ МАГНУСА ТА ЙОГО ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ

Ефект Магнуса – фізичне явище, яке виникає при омиванні потоком реальної рідини, або газу тіла, яке обертається навколо своєї осі. Суть ефекту полягає у появі сили, прикладеної до тіла у напрямку перпендикулярному до вектора набігаючого потоку рідини, чи газу. Причина появи цієї сили є наслідком асиметрії поля швидкості у системі, що розглядається, яка виникає при векторному складанні поля швидкості у пограничному шарі, який утворюється поблизу поверхні нерухомого тіла, яке омивається рідиною, та поля швидкості у пограничному шарі навколо тіла, яке обертається навколо своєї осі у рідині, яка знаходилась (до появи обертання твердого тіла) у стані відносного спокою [1- 3].

Згідно з рівнянням Бернуллі, при цьому виникає несиметричність статичного тиску у утвореному складному результуючому пограничному шарі у площині, перпендикулярній вектору набігаючого на тверде тіло потоку рідини, чи газу.

Ефект вперше описав німецький фізик Генріх Магнус в 1853 році.

В 1922 році Антон Флеттнер знаменитий авіаконструктор, зробивший значний вклад і в суднобудування, отримав німецький патент на роторне судно. А в 1924 р. експериментальне роторне судно «Букау» було спущене на воду із стапелів суднобудівної компанії Friedrich Krupp в м. Кіль.

Подальше вдосконалення ідеї використання ефекту Магнуса підхопив відомий винахідник і шукач пригод Жак-Ів Кусто.

В 1985р. в порту Ла-Рошель була спущена на воду «Алкіона» — перше повноцінне судно, обладнане турбопарусами (Рис. 1). На сьогодні це судно є флагманом флотилії команди Кусто. Турбопаруса на ньому допомагають звичайній комбінації із двох дизелів.



Рис. 1. «Алкіона» в експедиції.

Перелік посилань:

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект_Магнуса;
2. www.popmech.ru/.../11383-parusa-v-vide-kolonn-effekt-magnusa/
3. <https://www.youtube.com/watch?v=krz-9nYAjG>

Студент 4 курсу, гр. ТП-22 Іваненко Д.О.
Доц., к.т.н. Боженко М.Ф.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕРИВЧАСТОГО ОПАЛЕННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Людство зіштовхнулося з проблемою зростання цін на паливно-енергетичні ресурси. В зв'язку з цим стало все дорожче опалювати приміщення житлових, громадських та промислових будівель. Одним із перспективних напрямів є скорочення енергоспоживання за рахунок переривчастого опалення [1].

Суть даного способу полягає у зниженні температури внутрішнього повітря приміщення у неробочий час.

Можливість використання переривчастого опалення пов'язана з теплоакумулюючою здатністю огорожень приміщення та обмежується мінімальною допустимою температурою внутрішнього повітря у неробочий час.

У робочий час у приміщенні підтримується необхідна температура внутрішнього повітря. У неробочий час система опалення не працює, і температура повітря знижується до деякої величини. Якщо ця величина вища за мінімально допустиме значення, що дорівнює 10°C , то використання переривчастого опалення можливе.

Існує 4 системи переривчастого опалення :

- 1)Водяні
- 2)Парові
- 3)Повітряні
- 4)Сполучені з припливною вентиляцією

Найпростіше переривчасте опалення здійснити у повітряних системах і в системах, сполучених з припливною вентиляцією, що і було розглянуто в даній роботі для блоку поточних аудиторій №1,2,3,4 навчального корпусу №5 НТУУ «КПІ».

За результатами розрахунків теплових втрат зовнішніми огороженнями визначена необхідна потужність системи опалення, що склала 34,5 кВт. Було вибрано основне обладнання системи повітряного опалення, що розташовується в підшивних стелях аудиторій.

Перед початком роботи протягом однієї години система опалення працює в режимі підвищення температури з тепловою потужністю системи. Для системи опалення, спільної з вентиляцією, цей режим може бути реалізований при ввімкненні системи на повну рециркуляцію з максимальною температурою припливного повітря. При цьому температура внутрішнього повітря підвищується до значення, яке перевищує розрахункове значення. Таке підвищення температури бажане для розігрівання огорожень, які охолонули у неробочий час.

В робочі години система працює на підтримання розрахункової температури 20°C .

Мінімальна температура повітря залежить від режиму роботи приміщення, теплового захисту огорожень, величини внутрішніх тепловиділень і режиму зміни їх у часі.

Порівняння переривчастого опалення з традиційною системою, що працює цілодобово, призводить до економії витрати, величина якої склала біля 300 ГДж за рік. При відомій вартості одиниці теплоти загальна економія за рахунок впровадження переривчастого опалення складає біля 60 тис. грн. за рік.

Перелік посилань:

1. Боженко М.Ф. Енергозбереження в теплопостачанні : навч. посіб. / М.Ф. Боженко, В.П. Сало. – К : НТУУ «КПІ», 2008. – 268 с.

КАНАЛЬНІ УСТАНОВКИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ БУДІВЕЛЬ

Завданнями систем вентиляції є забезпечення у приміщеннях повітряного середовища, яке б задовольняло санітарно-гігієнічним вимогам та умовам виробництва, що досягається видаленням з приміщень забрудненого повітря та подачі до них свіжого зовнішнього.

Вентиляційні установки містять пристрої для очищення повітря від пилу, нагрівання у холодний період року, переміщення, а також утилізації теплоти вентиляційних викидів. Все перелічене обладнання компонується в припливних камерах, які бувають моноблочними та набірними [1].

Вельми перспективними на сьогоднішній день є каналні установки, які компонуються з набірних секцій, що можуть бути розташовані, наприклад, під стелею, або у підвісних стелях приміщень.

В роботі розглянуто використання каналної установки [2] для блоку поточних аудиторій №1, 2 навчального корпусу №5 НТУУ «КПІ». За відомими методиками були виконані розрахунки втрат теплоти у холодний період року через зовнішні непрозорі огороження та світлопрозорі конструкції приміщень, а також надходження теплоти і вологи від людей та теплоти за рахунок сонячної радіації в теплий період року.

Розрахунок повітрообміну був здійснений 4-ма способами:

- 1) за нормованою питомою витратою припливного повітря на одну людину;
- 2) за надходженнями вуглекислоти від людей;
- 3) за надлишками теплоти;
- 4) за надлишками вологи.

В подальших розрахунках використовували найбільше значення витрати повітря $L = 10216 \frac{м^3}{год}$.

За каталогом [2] на розрахункову витрату повітря було вибрані наступні секції каналної установки: повітряний клапан, касетний фільтр, водяний калорифер, припливний та витяжний вентилятори, поглинач шуму, каплевловлювач та система керування вентиляцією. Для утилізації теплоти витяжного повітря обрано пластинчастий рекуператор, в якому припливне повітря попередньо нагрівається від розрахункової температури зовнішнього повітря на опалення (мінус 22 °С) до температури 0 °С, а в подальшому догрівається в калорифері до температури 20 °С.

Загальний вигляд каналної установки Vento зображено на рис 1.



Рис.1. – Канальна вентиляційна установка Vento

Перелік посилань:

1. Нимич Г.В.Современные системы вентиляции и кондиционирования воздуха/Г.В. Нимич, В.А.Михайлов, Е.С. Бондарь – ТОВ «Аванпост Прим», 2003 - 626 с.
2. Каталог «Канальные установки Vento» - Remak, 2008 – 247 с.

УДК 620.9

Студент 4 курсу, гр. ТП-22 Гелетуха С.Г.
Доц., к.т.н. Назарова І.О.

АНАЛІЗ СЕКТОРУ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ КРАЇН ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

В Європейському Союзі найбільша частка кінцевого енергоспоживання (45%) припадає на теплову енергію, що набагато більше інших напрямків споживання: електроенергія – 20%, транспортний сектор – 26%, неенергетичне використання – 9%. Житловий фонд споживає 40% загального обсягу кінцевої енергії, з яких, в свою чергу, 68% іде на опалення та 14% – на гаряче водопостачання [1, 2].

На сьогодні в Європі нараховується більше 6000 систем централізованого теплопостачання (ЦТ), які забезпечують 12% загальної потреби в тепловій енергії. Основна частина теплової енергії в системах ЦТ Європи (72,8%) генерується ТЕЦ та когенераційними установками з використанням всіх видів палив та скидної теплоти промисловості, 19,5% виробляється котельними з традиційних палив, решта (7,7%) – котельними на біомасі та іншими установками на ВДЕ. Має місце стійка тенденція збільшення загальної частки використання відновлюваних джерел в секторі ЦТ, наразі в середньому по ЄС-28 вона складає більше 23%.

Надзвичайно важливими питаннями є регулювання ринку теплової енергії та встановлення тарифів на теплову енергію, анбандлінг у секторі ЦТ та можливість доступу незалежних виробників до існуючих теплових мереж.

На сьогодні в Європі існують дві моделі ринку ЦТ:

- 1) Модель «єдиного покупця», згідно якої постачальник тепла/оператор мережі купує тепло від всіх виробників і продає його споживачам одного типу на рівних умовах та за однаковими цінами. При цьому у різних ділянок теплової мережі можуть бути різні власники (найбільш розповсюджена в системах ЦТ країн Європи: Фінляндія, Швеція, Норвегія, Литва, Латвія, Естонія);
- 2) Модель «відкритих тепломереж», при якій виробник має гарантований доступ до мережі за умови, що він напряму продає тепло своїм власним клієнтам в обсязі необхідного споживання (наразі майже не реалізується на практиці).

Аналіз наявних даних свідчить про те, що тенденція до приватизації систем централізованого теплопостачання посилюється як у західноєвропейських країнах, так і у країнах Центральної та Східної Європи. Наразі в різних країнах ЄС частка приватних форм власності в секторі ЦТ складає до 40%

Проаналізовано сектор централізованого теплопостачання окремих країн ЄС та Європи: Німеччини, Данії, Великобританії, Фінляндії, Австрії, Швеції, Норвегії, Італії, Нідерландів, Польщі, Литви, Латвії, Естонії, Хорватії.

Аналіз ситуації в секторі централізованого теплопостачання показує, що розвинені європейські країни вже створили конкурентний ринок теплової енергії, а решта країн ЄС рухаються в цьому напрямку. Практично у всіх країнах Євросоюзу в більшій чи меншій мірі проведено анбандлінг в секторі теплової енергії та забезпечено умови для доступу незалежних виробників до теплових мереж.

Перелік посилань:

1. Аналітична записка БАУ № 14 «Аналіз тарифоутворення у секторі централізованого теплопостачання країн Європейського Союзу» / Гелетуха С.Г., Железна Т.А., Баштовий А.І.; Біоенергетична асоціація України, 2016. – 46 с. // <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-14-ua.pdf>
2. Regulated third-party access in heat markets: how to organize access conditions. Oxera Agenda June 2014 // <http://www.oxera.com/getmedia>

Студент 4 курсу, гр. ТП-21 Гобова М.О.; асист., к.т.н. Притула Н.О.
Проф., д.т.н. Безродний М.К.

ОПТИМАЛЬНІ УМОВИ РОБОТИ ТЕПЛОНАСОСНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ АКУМУЛЬОВАНОЇ ТЕПЛОТИ У ҐРУНТІ

Сьогоднішній розвиток теплонасосних технологій, які використовують теплоту ґрунту як джерело енергії, пояснюється як можливою економією дефіцитного органічного палива у великих масштабах, так і підвищеними вимогами до екологічної чистоти виробництва теплоти, а також досить широким колом споживачів теплонасосних установок.

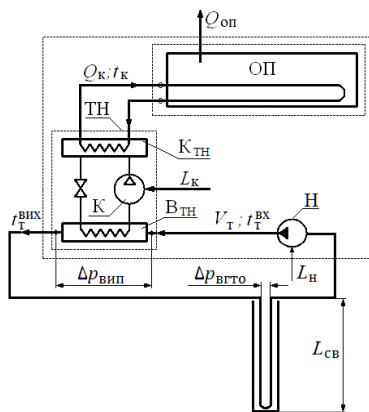


Рис. 1. Принципова схема ТНС низькотемпературного водяного опалення з використанням теплоти ґрунту за допомогою вертикальних ґрунтових теплообмінників (ВГТО): ОП – опалюване приміщення; ТН – тепловий насос; $K_{ТН}$ – конденсатор ТН; $В_{ТН}$ – випарник ТН; $К$ – компресор; $Н$ – насос; L_k – робота приводу компресора ТН; L_n – робота приводу насоса; $L_{св}$ – глибина свердловини.

Ґрунт є найбільш універсальним джерелом низькопотенціальної теплоти, який на глибині 5 м зберігає впродовж усього року постійну температуру на рівні 8-12 °С, забезпечуючи ефективну роботу ТН. Підвищити температурний потенціал ґрунта можна за рахунок акумулювання теплоти в літній період в ґрунтовому акумуляторі теплоти. В опалювальний період накопичена теплота може використовуватись у випарнику ТН для підігріву проміжного теплоносія [1]. В Україні геотермальні теплонасосні системи (ТНС) опалення привертають увагу і потребують вивчення, оскільки для кожного окремого об'єкта ці системи мають проектуватися індивідуально. При цьому виникає необхідність у визначенні характеристик ВГТО, які б забезпечували мінімальні питомі затрати електроенергії на ТНС опалення в цілому.

В роботі [2] встановлено, що при використанні в ТН теплоти ґрунту існує оптимальний ступінь охолодження робочого тіла, що поступає від нижнього джерела. Однак, на відміну від інших джерел енергії, використання теплоти ґрунту досягається за допомогою проміжного контуру з проміжним теплоносієм. Тому виникає задача оптимізації параметрів цього контуру, що забезпечує оптимальний ступінь охолодження проміжного теплоносія у випарнику ТН. В роботі [2] дослідження проведені для зміни температури теплоносія на вході до випарника ТН у діапазоні 2...8 °С, у свою чергу акумулювання теплоти в літній період в ґрунтовому акумуляторі дозволяє збільшити температурний діапазон, що потребує додатково аналізу.

У роботі виконаний аналіз оптимальних характеристик ВГТО в умовах використання заздалегідь акумульованої теплоти в ґрунті.

Перелік посилань:

1. Беяева Т.Г. Теплообмен в системе “U-образный теплообменник – грунт” в процессах аккумуляирования и извлечения теплоты / Т. Г. Беяева // Пром. теплотехника. – 2013. – № 1. – С. 72–79.
2. Безродний М. К. Оптимальні умови роботи вертикальних ґрунтових теплообмінників для теплонасосних систем теплопостачання / М. К. Безродний, Н. О. Притула, Р. В. Перевьорткін // Энергетика: економіка, технології, екологія / Науковий журнал. – 2014, – № 4. – С. 34 – 43.

УДК 66.045.01.

Студент 4 курсу, гр. ТП-21 Гобова М.О.
Доц., к.т.н. Хавін С.О.

ПОЗОННИЙ ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ТОПКОВОЇ КАМЕРИ

Позонний тепловий розрахунок топкової камери проводиться після виконання розрахунку топкової камери в цілому і визначення її теплосприйняття поверхні нагріву і температури газів на виході за нормами теплового розрахунку котельних агрегатів. Позонний метод розрахунку застосовується для визначення локальних теплових навантажень по висоті топки. Він дозволяє також встановити характер зміни температури газів в топці. Результати позонного розрахунку використовуються при визначенні температури металу екранних поверхонь нагріву. Позонний розрахунок рекомендується виконувати для всіх видів топкових пристроїв і перш за все для високонавантажених топкових камер парогенераторів великої потужності (однокамерний і напіввідкритих, камер горіння та охолодження двокамерних топок).

Для розрахунку теплових навантажень топка умовно розбивається по висоті на декілька зон. Зона розташування пальників характеризується найбільшим виділенням тепла; з неї починається позонний розрахунок топки. Вона називається зоною максимального тепловиділення. Для однокамерних топок з рідким шлаковидаленням за верхню межу цієї зони приймається горизонтальна площина між шипованими і гладкотрубними екранами, а нижній є горизонтальний або слабонаклонний під топковою камери. У топках з пережимом зона максимального тепловиділення обмежується перетином перетискання.

Для топкових камер з твердим шлаковидаленням нижньою межею зони максимального тепловиділення є площину початку холодної воронки (якщо вона починається не більше, ніж на два метри нижче нижньої кромки амбразур пальників), а верхньої-перетин, що знаходиться на 1,5 м вище амбразур верхнього ряду пальників. Холодна воронка утворює другу зону, що знаходиться нижче зони максимального тепловиділення [1].

Для газомазутних топок зона максимального тепловиділення обмежується площиною пола і перетином, розташованим на 1,5 м вище амбразур верхнього працюючого ярусу пальників. Інша частина камери згоряння розбивається на 3-6 приблизно рівних по висоті зон, кожна заввишки близько 4 м. Якщо на виході з топки є вертикальні ширми або фестони висотою понад чотири метри, то обсяг верхньої частини топки поділяють на дві зони. Межі між цими зонами приймається по середині висоти ширм або фестонів.

Тепловий розрахунок зон полягає у визначенні температур газів на виході з кожної зони. Розрахунок температур виробляють методом послідовних наближень шляхом порівняння попередньо прийнятої і розрахункової величини. Встановлена розрахунком температура на виході із зони повинна відрізнятися від прийнятої не більше, ніж на 30 С.

Перелік посилань:

1. Ліпов Ю. М. Позонний тепловий розрахунок топкової камери. // Промышленная теплотехника -1973, – № 1. – С. 1–5.

Студент 4 курсу, гр. ТП-22 Живиця К.О.
Доц., д.т.н. Пуховий І.І.

ЛЬОДЯНА ОГОРОЖА З ПОВІТРЯНИМИ ПРОШАРКАМИ ДЛЯ БУФЕРНОЇ ЗОНИ БУДІВЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОТИ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ВОДИ

Запатентовано ідею використання теплоти кристалізації води в буферних зонах (БЗ) будівель, де взимку температура нижче мінус 0С. Льодяна огорожа може виконувати функції конструкції теплообмінника при подачі на внутрішню чи зовнішню сторони огорожі води з метою її кристалізації. [2]. В патенті [3] запропоновано виготовляти льодяну стінку методом зрошування льодяних сталактитів на вертикальних насадках. Такі насадки можна розмістити паралельно зі створенням конструкції, де лід однієї площини відділений від іншого повітрям. При цьому термічний опір зростає, що приведе до підвищення температури в БЗ і зменшення витрати води.

Розглядається тепловіддача в обмеженому просторі. Ми провели розрахунки термічних опорів огорожі і температур в БЗ в залежності від температури довкілля і термічних опорів житлової зони. Льодяна огорожа має 4 площини з льоду товщиною 40мм і 3 повітряні проміжки шириною 70 мм та 35 мм - 2 варіанти.

Відомі дані по термічному опору повітряних замкнутих прошарків. При негативних температурах у прошарках при збільшенні товщини прошарку від 0.01 м до 0,1 м термічний опір зростає з 0,15 до 0,118 (м2К) /Вт. Тому зміна товщини в згаданому діапазоні практично не впливає на R.

При 3 прошарках загальний термічний опір з урахуванням опорк льоду буде близько 0,5 м2К) /Вт, а густина теплового потоку складає біля 32 Вт/кВ.м. при різниці температур на внутрішній і зовнішній стіні 16 С (на внутрішній стороні при 0С замерзає вода, а зовнішня поверхня вхолить ватмосферу і має температуру мінус 16 С)..

В порівнянні з огорожею, що створена з суцільного льодяного блоку, [2] густина теплового потоку зменшується у 2-3 рази і відповідно зменшиться витрата для кристалізації на внутрішній поверхні льодяної стіни, що виходить у буферну зону.

Перелік посилань:

1. Пуховой И.И., Патент СССР № 1388665А1, F24D 15/00. Система отопления здания. М.И.Пухового. — Оpubл. 14.03.88, Бюл. 14.
2. Пуховий І.І. Денисова А.Є. Лужанська Г.В. Температурні та теплові характеристики утворення льоду на стінах буферної зони будівлі, що опалюється теплотою кристалізації води // Сб. научн. трудов «Строительство и техноген. безопасность» .- 2011.- вып. 40.- с. 37-43
32015
3. Пуховий І.І., Пуховий А.І., Рибаків В. О. Спосіб утворення льодяної стіни в холодному повітрі. Номер патенту: 97202 Оpubліковано: 10.03.
4. Пуховий І.І., Приймак К.О. Патент України на корисну модель № 46112, F24D 15/00. Спосіб опалення будівлі під час морозів з використанням холодної води /— Оpubл. 10.12.2009; Бюл. № 23.

Студ. 4 курсу, гр. ТП-21 Очеретянко М.Д.; студ. 5 курсу, гр. ТП-51м Касянчук С.Л.
Проф., д.т.н. Варламов Г.Б.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ІСНУЮЧОЇ КОТЕЛЬНОЇ З ВИКОРИСТАННЯМ КОНТАКТНОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА КАОМ

Екологічні вимоги європейських країн та ЄС в цілому до процесів енерго-виробництва носять жорсткий характер, а рівень концентрації шкідливих речовин (оксиду вуглецю CO та оксидів азоту NOx) суттєво нижчий за існуючі в Україні норми. Тому актуальною є необхідність покращення комплексу енерго-екологічних показників спалювання природного газу в котельнях комунальних підприємств міст країни[1].

Значними перевагами перед існуючими котлами в комунальних котельнях володіють контактні теплогенератори. З метою реалізації цих переваг та для покращення рівня енерго-екологічної ефективності роботи котельні житлового масиву міста виконана робота з розробки умов та особливостей модернізації котельні за рахунок заміни старих фізично та морально застарілих водогрійних котлів на контактні теплогенератори[2].

В роботі здійснено обрахунок теплового навантаження котельні, проаналізовані особливості експлуатації існуючих котлів та їх недоліки у процесі роботи в опалювальний період та за його межами.

На підставі проведених досліджень та аналізу комплексу характеристик (металоємність на 1 кВт теплової потужності, площа установки, кількість додаткового обладнання, системи керування тощо) обрано для модернізації контактний теплогенератор типу КАОМ спільної розробки науковців Інституту газу НАН України та НТУУ “КПІ”, газовий пальник для якого розроблено науковцями НТУУ “КПІ”[3,4].

Попередні розрахунки показують, що після заміни штатних котлів на контактні теплогенератори, суттєво покращуються екологічні показники експлуатації, що дуже важливо в умовах щільного розташування котельні від житлових будинків.

Екологічні показники роботи котельні з КАОМ повністю відповідають існуючим екологічним вимогам ЄС і одночасно у декілька разів менше за існуючі в Україні норми.

Окрім того, застосування КАОМ за рахунок суттєво більшого ККД значно знижує питомі витрати природного газу з одночасним підвищенням рентабельності виробництва теплової енергії. Економія природного газу у цьому випадку становить понад 10%. Термін окупності проведення модернізації котельні не перевищує 24 місяців.

Результати роботи запропоновані до реального впровадження на існуючій котельні.

Перелік посилань:

1. Варламов Г.Б., Приймак К.О., Шварцзова Х., Загальні підходи до створення методологічних основ енерго-екологічного аналізу експлуатації об'єктів ПЕК // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит, выпуск № 10 (116) 2013 рік, стор. 2-9.

2. Варламов Г.Б., Приймак К.О., Камаєв Ю.М., Оліневич Н.В., Фетісенко С.А. Повышение экологической чистоты энергопроизводства в коммунальной энергетике / X Міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення», вересень 2014 року: Зб.наук.ст. / НДУ “УКРНДІЕП”.-Х.: Райдер, 2014.-С.28-33.

3. Марченко Г.С., П'ятничко О.І., Макаренко В.О. Спосіб контактного нагріву води. Патент України на корисну модель, № 77099, 25.01.2013 р., бюл. № 2, 4 стор.

4. 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.

Студент 4 курсу, гр. ТП-21 Очеретянко М.Д.
Доц., к.т.н. Мінаковський В.М.

МЕТОДИКА НАБЛИЖЕНОГО РОЗРАХУНКУ ТЕМПЕРАТУРИ ВОЛОГОГО ТЕРМОМЕТРА

Однією з проблем аналітичного розрахунку температури вологого термометра за допомогою ЕОМ є відсутність простого рівняння, що забезпечувало би достатню для технічних розрахунків точність. Існуючі аналітичні формули або дуже громіздкі або дають велику похибку обчислень[1].

В доповіді пропонується методика та формула для розрахунку температури вологого термометра, в яку входить величина, яка може бути знайдена за відомими емпіричними залежностями[2].

Згідно данної методики температура вологого термометра обчислюється за таким співвідношенням:

$$t_m = 0,5 \cdot t + t_p$$

де t – температура за сухим термометром; t_p - температура точки роси для відповідного стану вологого повітря.

Були проведені розрахунки на основі даних отриманих з використанням h, d діаграми вологого повітря в діапазоні температур $t = -5 \div 50^\circ\text{C}$ і вологовмістів, на основі яких була визначена область в межах якої запропонована формула дає похибку, що не перевищує 5%.

Перелік посилань:

1. Тимонин А.С., Логунов В.Ф., Муштаев В.Н. К расчету термодинамических параметров процесса сушки. // ТОХТ, 1986. Т. 20, № 5. С. 689 - 690.
2. Ликов А.В. Теория сушки.-М: Энергия, 1968. -472с.

СУХІ МЕТОДИ ДЕСУЛЬФУРИЗАЦІЇ ДИМОВИХ ГАЗІВ ПРИ ШАРОВОМУ СПАЛЮВАННІ ВУГІЛЛЯ У ВОДОГРІЙНОМУ КОТЛІ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

У зв'язку з різким зростанням ціни на природній газ усе більше малих промислових підприємств шукають йому альтернативну заміну, намагаючись будь яким чином оптимізувати витрату за рахунок придбання більш дешевого виду палива. Найбільш часто встановлюють твердопаливні котли, що працюють на : пелетах, вугіллі, тирса, тощо. Однак при експлуатації таких твердопаливних котлів виникає ряд проблем, які впливають не тільки на екологічні показники, але й експлуатаційні витрати підприємства.

Кількість хімічно зв'язаного діоксиду сірки за будь-якою технологією десульфуризації можливо оцінити інтегральним рівнянням [1]:

$$G_{SO_2} = \int K \cdot S \cdot (p_0 - p_s) \cdot dt, \quad (1)$$

де K – коефіцієнт масопередачі, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{Па} \cdot \text{сек})$; S – площа взаємодіючої поверхні, м^2 ; p_0 – парціальний тиск діоксиду сірки у газовому середовищі, Па ; p_s – тиск діоксиду сірки біля поверхні взаємодії, Па ; t – час реагування, сек .

Детально, сухі методи десульфуризації викладені в [1], [2]. До таких методів належать:

- Введення сорбенту в топку котла;
- Введення сорбенту в область економайзера;
- Введення сорбенту в газохід котла і т.д.

Але всі ці методи застосовувалися і вивчалися для придушення SO_2 при роботі потужних енергетичних котлів.

Реальний вміст сірки в вугіллі, за результатами газового аналізу, можна підрахувати за спрощеною залежністю:

$$M_{s \text{ на раб массу}} = 100 \times (V_{cz} \times C_{SO_2}) / 1000000, \% \quad (2)$$

де M_s - вміст сірки у вугіллі на робочу масу, %

V_{cz} - обсяг сухих димових газів, $\text{м}^3 / \text{кг}$ палива (для газового вугілля Львівсько-Волинського басейну дорівнює 6,23) [3];

C_{SO_2} - концентрація діоксиду сірки, приведена до н.у. і $\alpha = 1,0 \text{ мг} / \text{м}^3$.

В наш час у зв'язку з дефіцитом в загальному балансі вугільної промисловості України малосірчаного вугілля проблема спалювання високо сірчистого вугілля стає однією з найгостріших і виникає на багатьох промислових підприємствах. В цілому, методи сухої десульфуризації, що застосовуються на енергетичних котлах, не дають можливості застосувати всю різноманітність і домогтися більш глибокого ступеня очищення від SO_2 в котлах малої потужності. Тому в данній роботі виконаний аналіз ефективності деяких методів десульфуризації и порівняння їх з метою пошуку найкращого.

Перелік посилань:

1. Вольчин И.А. Сухі методи десульфуризації та теплоенергетика України // Енергетика та електрифікація. – 2010. - № 1. – С. 45-51.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М. : Госхимиздат, 1961. – 832 с.
3. Кузнецов Н.В., Митор В.В. и др. Тепловой расчет котельных агрегатов(нормативный метод). – М. : Энергия, 1973. – 295с.

ПЕРЕВЕДЕННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ НА АЛЬТЕРНАТИВНЕ ПАЛИВО

Сучасний стан із забезпечення підприємств комунальної енергетики енергоресурсами характеризується складністю та високою вартістю їх планового постачання. Особливо це стосується природного газу та нафтопродуктів. Окрім того, суттєве значення мають екологічні показники процесів генерування теплоти для систем опалення та гарячого водопостачання, які мають відповідати сучасним вимогам [1]. Тому актуальним є питання проведення робіт із заміни та існуючих палив на альтернативні.

До альтернативних палив доцільно віднести палива біологічного походження (щепа, солома, тощо) та промислового виробництва (водень).

Робота присвячена аналізу властивостям водню та особливостям переведення існуючих систем опалення будинків та споруд на альтернативне паливо – водень.

Промислове виробництво водню (H₂) характеризується широким спектром використання різних методів та технологій, серед яких є методи отримання водню з природних палив, з вугілля, електролізом з води та з допомогою різних термодинамічних та комбінованих циклів та за рахунок розділення компонентів[2].

На практиці водень, як паливо використовується у двигунах легкових автомобілів і здатен замінити органічне рідинне та газоподібне паливо. Властивості водню мають перед природним газом певні переваги і тому його доцільно використовувати в системах теплопостачання комунальної енергетики.

В роботі виконано розрахунки системи теплопостачання будинку під час модернізації системи опалення із заміною природного газу на паливо – водень. Проаналізована та досліджена модернізація системи опалення будівлі з використанням водню у контактному теплогенераторі типу КАОМ, який розроблено науковцями інституту газу НАН України та НТУУ “КПІ”[3].

Для спалювання водню у контактному теплогенераторі розроблено нову конструкцію пальникової системи, яка реалізує мікрофакельне дифузійне спалювання воднево-повітряної суміші та є прототипом рішення розробленої конструкції [4].

В роботі прораховані особливості модернізації теплової схеми пункту теплозабезпечення та економічні показники роботи контактного теплогенератора. Отримані результати дозволяють перейти до досліджень теплових та аеродинамічних процесів у камері згорання КАОМ, розрахунку основних конструктивних та технологічних характеристик контактного теплогенератора з використанням водневого палива. Нові особливості винайдених теплових процесів та конструктивних рішень для їх ефективної реалізації заплановано запатентувати.

Перелік посилань:

1. Варламов Г. Б., Александров А. А., Маляренко В. А., Приймак Е. А. Топливно-энергетический комплекс = Fuel and Energy Complex : учеб. Пособие . – К.: НТУУ «КПИ», 2015. – 186с.
2. Шпильрайн Э. Э., Малышенко С. П., Кулешов Г. Г. Введение в водородную энергетику. Под ред. Легасова В. А. – энергоатомиздат., 1984. – 264с.
3. 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.
4. Варламов Г. Б., Приймак К. О., Позняков П. О., Оліневич Н. В. Низькоемісійний газовий пальник трубчастого типу з направленим повітряним потоком. Патент України на винахід, №98095, 10.04.2012 р., бюл. № 7. 5с.

ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ОРЕБРЕНИХ З СЕРЕДИНИ ЛЬОДЯНИХ ТРУБ

В країнах з холодним і континентальним кліматом можна підігрівати повітря теплотою кристалізації води до температур близьких 0°C , підвищуючи температуру морозного повітря. Таке підігріте повітря може бути використано в системах вентиляції і теплових насосах на атмосферному повітрі, що розширює географічну зону впровадження теплонасосних систем теплопостачання повітря.

Отримано патент на корисну модель [1], в якому пропонується підігрівати повітря в трубах, які занурені у водойму. Труби можуть виготовлятися з льоду. Аналіз теплопередачі показує, що найбільшим термічним опором є тепловіддача від повітря, тому вигідним є оребрення труб зсередини. В [2] оребрення каналу виконувалось шляхом приморожування ребер на плоских поверхнях, з яких формувався прямокутний канал. Процедура приморожування є досить трудомісткою. Оформлений і поданий на розгляд патент на корисну модель, в якому запропоновано виготовляти льодяні труби з оребренням шляхом лиття в формах, дискретно покритих теплоізоляцією. Авторами експериментально досліджено процес формування труб з поздовжнім і поперечним оребренням.

Вода, попередньо дегазована кипінням і охолоджена, заливалась в циліндричну форму і виставлялась на 5-8 годин в морозильну камеру. Потім льодяна заготовка труби виймалася з форми діаметром 102 мм і висотою 220 мм. Перед фотографуванням робився плавлення на плоскій поверхні поздовжній або поперечний розріз труби. В просторі труби після зливання незамерзлої води є льодяні кристали – дендрити, які слід видаляти водою чи теплим повітрям.

На фото 1 показані поздовжнє оребрення, а на фото 2 поперечне. При формуванні труби з поздовжнім оребренням теплоізоляція із паралону накладалась у 5 місцях і мала ширину 20 мм і висоту 200 мм. У випадку поперечного оребрення теплоізоляція із паралону накладалась у 4 місцях і мала у верхній і нижній частині ширину по 10 мм, та всередині 2 паралонові стрічки по 20 мм.

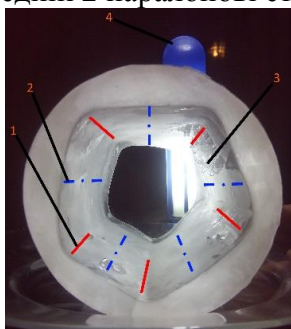


Фото 1- Поздовжнє оребрення.
1-впадини, 2-виступи, 3-ден-
дрити, 4-джерело світла(лампа).

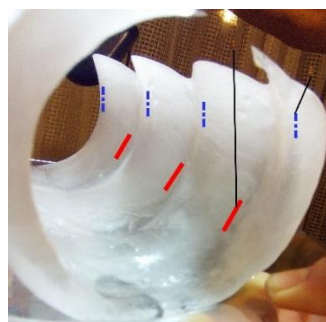


Фото 2- Поперечне оребрення.
1-впадини, 2-виступи.

Перелік посилань:

1. Пуховий І.І., Пуховий А.І., Кондратюк Р.О.. Спосіб нагрівання і охолодження повітря природним середовищем. Пат. України на кор.. модель 103185 від 10.12.2015 р.
2. Супрунов Е.О Пуховий І.І. Застосування льодяного оребрення для інтенсифікації теплообміну з повітрям. // Тези доп. Міжн. конф ТЕФ 21-22 квітня 2011 р.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ НЕІЗОТЕРМІЧНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ В ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

З проблемою фільтрації рідини в пористому середовищі пов'язані важливі теоретичні та прикладні задачі нафтогазовидобування, хімічної технології, гідротехніки та ін. Експериментальні дослідження даного процесу пов'язані зі значними матеріальними витратами та технічними труднощами, причому в ряді випадків вони не дозволяють отримати необхідну інформацію. Тому, на даний час, для вирішення задач фільтрації широко застосовується чисельне моделювання [1, 2]. Метою даної роботи є створення математичної моделі неізотермічної фільтрації в циркуляційних системах.

Динаміка об'єктів з розподіленими параметрами описується диференціальними рівняннями в частинних похідних параболічного типу, які разом з граничними умовами є математичними моделями багатьох нестационарних процесів:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\zeta(x, y, z, \phi) \frac{\partial \phi}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\zeta(x, y, z, \phi) \frac{\partial \phi}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\zeta(x, y, z, \phi) \frac{\partial \phi}{\partial z} \right] - v(x, y, z, \phi) \frac{\partial \phi}{\partial \tau} \pm \omega_0 = 0,$$

де ϕ – невідома функція; ζ , v – фізичні параметри середовища; τ – час; ω_0 – збурююча функція; x, y, z – просторові координати.

Початкові умови: $\phi(x, y, z) = \phi_0(x, y, z)$ при $\tau = 0$.

Граничні умови першого роду:

$$\phi_r = \phi_r(x_r, y_r, z_r, \tau).$$

Граничні умови другого роду:

$$-\zeta(x, y, z, \phi) \frac{\partial \phi}{\partial n} \Big|_r = q(x, y, z, \tau, \phi_r).$$

Граничні умови третього роду:

$$-\zeta(x, y, z, \phi) \frac{\partial \phi}{\partial n} \Big|_r = \alpha(\phi_r - \phi_c).$$

Граничні умови четвертого роду:

$$\phi_r = \phi_c; \quad -\zeta_c \frac{\partial \phi}{\partial n} \Big|_r = -\zeta(x, y, z, \phi) \frac{\partial \phi}{\partial n} \Big|_r;$$

при неідеальному контакті:

$$\phi_r = \phi_c + V\phi_k; \quad -\zeta_c \frac{\partial \phi_c}{\partial n} \Big|_r = -\zeta(x, y, z, \phi) \frac{\partial \phi}{\partial n} \Big|_r;$$

при наявності внутрішніх джерел на границі:

$$\phi_r = \phi_c; \quad -\zeta_c \frac{\partial \phi_c}{\partial n} \Big|_r = -\zeta_c(x, y, z, \phi) \frac{\partial \phi}{\partial n} \Big|_r + q(x, y, z, \tau, \phi).$$

Математичні моделі тепломасопереносу є системи рівнянь параболічного типу з такими ж граничними умовами.

Перелік посилань:

1. Ази Х. Математическое моделирование пластовых систем / Х. Ази, Э. Сеттар - М.: Недра, 1982. - 408 с.
2. Фуртат И.Э. Моделирование неізотермической фильтрации в подземных циркуляционных системах. Дис...канд. техн. наук, 1992.

КОНТАКТНИЙ ТЕПЛОМАСООБМІННИЙ АПАРАТ З НАСАДКОЮ

Одним із шляхів інтенсифікації масообмінних процесів в системі газ-рідина є створення на внутрішніх пристроях розвиненою поверхні контакту фаз при високій турбулізації газорідинного шару [2]. Численні спроби поліпшити на цій основі умови масообміну і рух потоків привели до створення різних конструкцій контактних пристроїв.

На практиці найбільшого поширення набули насадок і тарілчасті контактні елементи. Їх розташовують в апаратах колонного типу з пристроями, що розподіляють рідину по перетину колони [3]. Конструкція насадок апаратів більш проста, вона має малу гідравлічним опором. Насадок колонні апарати непридатні для роботи з забрудненими твердими домішками рідинами через можливе засмічення і «заростання» насадки

Тарілчасті апарати дозволяють отримати хороший міжфазовий контакт в значно більшому діапазоні зміни навантажень по газу і рідині. Однак, конструктивно ці апарати, як правило, складніше, ніж насадок, і при великій кількості тарілок можуть володіти значним опором.

Приступаючи до вибору та конструювання апарату для проведення конкретного масообмінного процесу, необхідно всебічно оцінювати умови експлуатації, вимоги з точки зору виготовлення, ефективності процесу, ремонтпридатності, терміну служби і ін. Контактні пристрої повинні задовольняти ряду вимог: забезпечити задану пропускну здатність по газу і рідині; забезпечити високу ефективність локального контакту фаз; забезпечити мінімальний гідравлічний опір; забезпечити необхідний діапазон стійкої роботи.

Нами був розроблений контактний тепломасообмінний апарат з насадкою у вигляді сот з перферованими стінками.

Перелік посилань:

1. Соколов М.В., Ульянов Л.М., Сулима А.Н. Разработка экспериментального оборудования для создания эффективных контактных устройств ректификационных колон // Интегрированные технологии та энергосбережения №3. – 2012.- С. 55-59
2. Кафаров В.В. Основы массопередачи / В.В. Кафаров – М., Высшая школа, 1972. – 496 с.
3. Стабников В.Н. Ректификационные аппараты / Стабников В.Н. – М., 1965. – 356 с.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ОПАЛЮВАЛЬНИХ ВОДОГРІЙНИХ КОТЕЛЬНЯХ

Відомо, що в багатьох діючих котельнях систем централізованого та помірно-централізованого теплопостачання в експлуатації знаходяться водогрійні котли типу КВ-ГМ, температура димових газів на виході з яких при спалюванні газу t'_g коливається від 140 °С до 190 °С, а ККД – від 90,5% до 92,5%. Зниження t'_g сприятиме підвищенню ККД котла, а загалом і котельні в цілому.

Теплота димових газів, що охолоджуються, може бути використана для нагрівання, води власних потреб котельні (сирої чи хімічно підготовленої), гарячого водопостачання (при централізованому її приготуванні у котельні), низькотемпературних систем опалення і т.ін., в поверхневих чи контактних теплоутилізаторах.

Виконані на кафедрі ТПТ НТУУ «КПІ» дослідження порівняльної ефективності утилізаторів теплоти димових газів пароводогрійних котельнь показали, що з економічної точки зору за мінімальною величиною зведених витрат найефективнішими є поверхневі утилізатори-калорифери. Поверхневі теплоутилізатори зазвичай експлуатуються у так званому «сухому» режимі, коли від димових газів відводиться тільки «явна» теплота при їх постійному вологовмісті, а кінцева температура димових газів на виході з утилізатора t'_g становить 60 °С, яка більша за температуру точки роси $t_{р.д.г.}$. Збільшити потік відведеної від димових газів теплоти можливо при їх глибокому охолодженні до температури, яка менша за температуру точки роси.

Є повідомлення [1] про ефективну роботу в котельні упродовж 2 років теплоутилізаційної калориферної установки, що експлуатується в «мокрому» режимі.

Нами виконані розрахунки енергетичної ефективності калориферних установок, що використовуються для утилізації теплоти димових газів водогрійної котельні з трьома котлами КВ-ГМ-30 при експлуатації в «сухому» (перший ступінь за кожним з котлів) і «мокрому» (другий ступінь для всіх котлів) режимах. Для запобігання конденсації водяних парів з димових газів в газоходах після калориферів другого ступеня і димовій трубі передбачено байпасування частини димових газів поза калориферами першого ступеня.

В результаті за співвідношеннями [2] були отримані залежності коефіцієнта байпасування та потоку відведеної теплоти від кінцевої температури охолоджених димових газів при їх початкових температурах 140 – 190 °С.

Встановлено, що максимальний потік відведеної теплоти в калориферних установках відповідає температурам димових газів на виході, які лінійно зменшуються від 24 °С (при = 140°С) до 19 °С (при = 190°С). Мінімальний коефіцієнт байпасування при охолодженні димових газів до температур 19 – 24 °С складає 0,22 – 0,32. При глибокому охолодженні димових газів до температур 19 – 24 °С сумарний потік відведеної в калориферних установках теплоти збільшується приблизно у 2,3 – 3 рази порівняно з їх роботою у «сухому» режимі. Для розглянутої котельні збільшення цього потоку складає біля 3 МВт.

Перелік посилань:

1. Кудинов А. А. Повышение эффективности работы конденсационных теплоутилизаторов поверхностного типа / А.А. Кудинов // Промышленная энергетика. – 1999. – № 7. – С. 30–34.
2. Боженко М.Ф. Энергозбереження в теплопостачанні : навч. посіб. / М.Ф. Боженко, В.П. Сало. – К. : НТУУ «КПІ», 2008. – 268 с.

ПРО ЕФЕКТ МАРАНГОНІ ПРИ КРАПЛИННІЙ КОНДЕНСАЦІЇ

Ефект Марангоні - Гіббса являє собою явище переносу речовини вздовж поверхні поділу двох середовищ, що виникає внаслідок наявності градієнту поверхневого натягу. Такий різновид конвекції називається капілярною або конвекцією Марангоні. При дослідженні такого явища в першу чергу увагу приділяють домінуючим факторам: переохолодженню поверхні, масовій частці парів, швидкості пари, визначенню режиму конденсації та ін.

Для опису механізму конденсації Марангоні використовується як теоретичний так і експериментальний підхід. При цьому особливу увагу приділяють різниці поверхневих натягів. Має місце нестійкість сили Марангоні, яка діє в конденсатних утвореннях [див. рисунок].

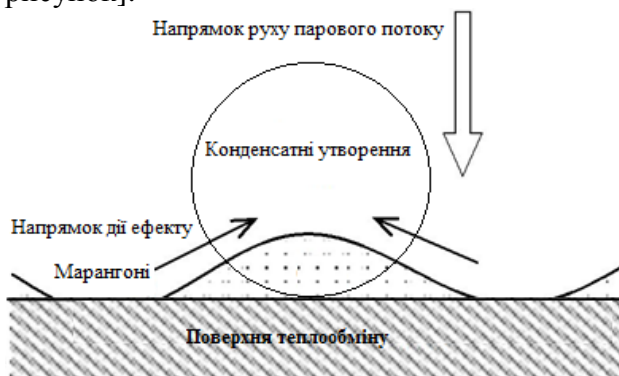


Рисунок 1 - Механізм конденсації за наявності ефекту Марангоні

При краплинному режимі конденсат може рухатися спонтанно, без будь-яких зовнішніх сил. Градієнт об'ємної температури розглядається стосовно до горизонтальної поверхні теплообміну. Має місце дисбаланс розподілу поверхневого натягу навколо краплин. Такого роду явища можуть відбуватися як в умовах земного тяжіння так і в умовах низької гравітації. Це означає, що краплі конденсату можуть рухатися за наявності градієнту об'ємної температури відносно поверхні теплообміну. Таким чином, можна видаляти з поверхні теплообміну як локальні плівки рідини так і великі краплі конденсату. Це дає можливість створити високоефективний теплообмінник.

Значне покращення теплообмінних характеристик може бути реалізовано за рахунок зменшення термічного опору конденсатних утворень. Такий механізм конденсації Марангоні добре реалізується, наприклад, для суміші вода-етанол. Переохолодження поверхні, як один із домінуючих чинників, буде визначати у підсумку інтенсивність конденсації Марангоні. За рахунок наявності невеликої кількості етанолу інтенсивність теплообміну зростає приблизно в 8 разів порівняно із чистою парою.

Об'ємний температурний градієнт при краплинній конденсації Марангоні сприяє інтенсивному переміщенню конденсату по поверхні. Швидкість утворення і видалення краплин конденсату будуть визначатися балансом поверхневих натягів, силами Марангоні і формою конденсатних утворень. Ці чинники дозволяють розглядати середньостатистичну картину конденсації по поверхні, навіть при наявності спонтанного руху краплин при дії ефекту Марангоні для суміші вода-етанол.

Таким чином, вплив на масоперенос вищепереписаних факторів дозволяє використати їх задля регулювання руху речовини та інтенсифікації процесу теплопереносу в дисперсних системах рідина-пара, або рідина-газ.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНЕРАТОРА ПАРОВОПІВТЯНОЇ СУМІШІ БАРБОТАЖНОГО ТИПУ ДЛЯ ЦИКЛОВОГО ПОВІТРЯ ДВЗ

Відомо, що спалювання палива з водою зменшує теплонапруженість двигуна, підвищує надійність його роботи і детонаційну стійкість палива, що дозволяє збільшити ступінь стискання [1]. При незмінній ступені стискання додавання води дозволяє використовувати пальне з меншим октановим числом, а отже більш дешево. Крім того покращуються екологічні показники енергетичної установки та якість горіння.

Вода в заряді гальмує розвиток ланцюгових реакцій передполум'яного окислення вуглеводнів. При цьому активність радикалів знижується, і це підвищує детонаційну стійкість паливних сумішей. Розглядаючи переваги і недоліки додавання води до палива, слід зазначити і те, що застосовується дистилат, отримання якого пов'язано з додатковими енерговитратами і наявністю відповідного обладнання. Використання природної води веде до утворення нагару в камері згорання і до серйозних порушень у роботі двигуна.

Більшість недоліків від використання води, при збереженні її позитивного впливу на процес згорання, може бути усунена, якщо використовувати воду у вигляді водяної пари в складі зволоженого дуттьового повітря. У цьому випадку до циліндрів двигуна не потрапляють частки води більші 5 мкм, розподіл води у паливній суміші більш рівномірний, що забезпечує стабільну і надійну роботу двигуна.

Зволоження відбувається у контактному теплообмінному апараті за рахунок барботування повітря, яке всмоктується поршнями у циліндри двигуна, через шар нагрітої води. Для цього достатньо нагріти воду в контактному теплообміннику на 10–15 °С. Наприклад, якщо на вході в теплообмінник повітря має температуру 20 °С і відносну вологість 60 %, а на виході – 30 °С і 90 % (відповідно), то з урахуванням того, що на спалювання 1 кг бензину необхідно близько 14,7 кг повітря, отримуємо додавання води до палива у кількості 20 %. При цьому загальні витрати тепла на зволоження повітря не перевищують 2 % від теплоти спалювання палива[1].

Перелік посилань:

1. *Клименко В.Н.* Когенерационные системы с тепловыми двигателями: справ. пособие: [в 3 ч.] Ч. 1: Общие вопросы когенерационных технологий / *В.Н. Клименко, А.И. Мазур, П.П. Сабашук.* – К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2008. – 560 с.

Магістр 6 курсу, гр. ТП-41м Бабій В.М.
Проф., д.т.н. Пуховий І.І.

ОСОБЛИВОСТІ УТВОРЕННЯ ВИСТУПІВ НА БУРУЛЬКАХ І ЛЬОДЯНИХ УТВОРЕННЯХ (ГІРЛЯНДАХ) НА ВЕРТИКАЛЬНИХ І НАХИЛЕНИХ НАСАДКАХ

Дослідження бурульок поширилось в останні роки з теоретичних і практичних міркувань. Бурульки утворюються, коли вода тече з малою витратою з поверхонь в умовах навколишнього середовища нижче точки замерзання.

Зростання та несподівані форми структур льоду є результатом тонкої взаємодії між динамікою затвердіння льоду та потоку тонкої плівки навколо поверхні, що утворюється.

Бурулька може зростати до ти пір, доки потік тече по її поверхні. Тонка плівка води на поверхні бурульки піддається гравітаційній силі, силі в'язкості та як відомо силі поверхневого натягу на межі поділу фаз повітря-вода. На кордоні поділу фаз лід-вода, плівка води, імовірно, знаходиться на точці замерзання; інша частина води переохолоджена, тому ця температура зменшується в напрямку від бурульки до повітря. Бурулька росте в боки, коли прихована теплота кристалізації відводиться від поверхні.

Складна форма розвивається між взаємодією потоку повітря, що їх омиває та води, що стікає по їх поверхні. Ці потоки, в свою чергу, контролюють вивільнення тепла, що необхідне для перетворення води в лід.

Дослідження проведені професором Морісом, який займається експериментальними дослідженнями нелінійної фізики, підтверджують той факт, що існують певні закономірності формування поверхні бурульки та чинники, які на це впливають[1]. Недавня асимптотична теорія передбачає, що в цілому бурульки сходяться до самоподібних форм[2]. З іншого боку теорія стійкості передбачає, що межа поділу лід-вода, може стати нестабільною, щоб сформувати пульсаційні візерунки на поверхні бурульки. Результати показують, що бурульки вирощені із чистої води будуть скоріш за все подібні незалежно від умов зрощування, ніж з водопровідної води. Крім цього, багато природних лідників проявляють хвилясту форму, яка є результатом морфологічної нестабільності. Довжина хвилі між виступами, також залежить від умов зростання. В розріз з теорією, при добавленні неіонної поверхнево-активної речовини, яка зменшує силу поверхневого натягу пульсації, не відбуваються. Але, хвилястість проявляється на бурульках при добавленні іонно розчинених домішків.

Наші і інші дослідження дають інформацію, що на вертикальних бурульках і льодяних утвореннях на вертикальних насадках, названих нами гірляндами, зберігається відстань між сусідніми виступами близько 9-10мм, та при збільшенні кута нахилу гірлянд до вертикалі, збільшується відстань між виступами до 13 мм при куті 25° до 15 мм при куті 30° Теоретичні дані по впливу сил тяжіння відсутні. А наші результати сприятимуть розвитку теорії.

Дослідження проведені на установці, що забезпечувала переохолодження води в алюмінієвій трубі при розпиленні її обертовим диском, а в якості насадок використовувались натягнуті товсті нитки.

Перелік посилань:

1. Experiments on the morphology of icicles. Antony Szu-Han Chen and Stephen W. Morris. Phys. Rev. E 83, 026307 – Published 17 February 2011
2. K. Ueno, M. Farzaneh, S. Yamaguchi, and H. Tsuji. Numerical and experimental verification of a theoretical model of ripple formation in ice growth under supercooled water flow. Fluid Dyn. Res., 42(025508), 2010.

УДК 664.047

Магістр 6 курсу, гр. ТП-41м Бистранівський В.Ю.

Доц., к.т.н. Мінаковський В.М.

ВІРТУАЛЬНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ КАПЛЯРНО-ПОРИСТОГО МАТЕРІАЛУ

Лабораторні роботи є невід'ємною частиною учбового процесу. Вони надають можливість ознайомитись з обладнанням, деталями, пристроями, отримати практичні навички роботи з устаткуванням та приладами, з проведенням досліджень та обробкою результатів досліджень. Лабораторні роботи дозволяють суттєво поглибити вивчення дисципліни студентами. Багато в чому це залежить від рівня виконання лабораторних робіт та від рівня самостійної роботи студента при їх проведенні.

На сьогоднішній день не всі лабораторні роботи можуть повністю відповідати вимогам, які їм пред'явлені. По-перше, проведення лабораторної роботи вимагає наявності лабораторного стенду, оснащеного необхідним устаткуванням, пристроями і приладами, які дозволяють забезпечити проведення досліджень і отримання достовірних і надійних дослідних даних. Створення деяких лабораторних стендів ускладнено їх великими габаритами, агресивністю робочих середовищ, високими значеннями температури і тиску теплоносіїв, а також великими капітальними затратами. По-друге, проведення лабораторних, пов'язаних з вивченням теплотехнологічних процесів, вимагає значних витрат часу на розігрівання установок, вихід їх на заданий режим, зняття показів при сталому режимі. З цієї причини ускладнюється проведення досліджень при різних режимах, а також аналіз впливу зміни режимних параметрів робочих середовищ і об'єктів, що обробляються, на результати дослідів.

Наявність комп'ютерної бази і відповідного програмного забезпечення дозволяють створювати віртуальні лабораторні роботи.

Робота з комп'ютером забезпечує значні можливості для індивідуалізації навчання, що дуже важливо для розвитку студента [1]. Персональні комп'ютери дозволяють кожному студенту працювати у власному темпі відповідно до його фізіологічних і психологічних особливостей.

Дана робота присвячена розробці віртуальної лабораторної роботи "Теплотехнічне випробування конвективної сушильної установки з частковою рециркуляцією сушильного агента" з дисципліни "Теплотехнологічні процеси і установки". Було створено повний цикл проведення лабораторної роботи, який включає: проведення допуску студента до виконання лабораторної роботи шляхом вхідного тестування; проведення експериментальної частини лабораторної роботи; проведення обробки отриманих результатів.

У роботі розглянуто процес проходження розробленої віртуальної лабораторної роботи.

Перелік посилань:

1. Стародубцев В.А. Инновационная роль виртуальных лабораторных работ и компьютерных практикумов /В.А.Стародубцев, А.Ф.Федоров // Инновации в образовании. – 2003. - №2. - С.79.

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЖЕКТОРА

Створити реальний зразок об'єкта для дослідження його роботи є дороговартісний та довготривалий процес. На противагу випробуванням на реальному зразку програмне забезпечення FlowSimulation (SW) дозволяє швидко створити віртуальну модель об'єкта та дослідити його роботу.

При моделюванні ежектора можна виділити три зони руху потоків: зона розрідження, яка формується потоком води, зона всмоктування потоку газу (фреон), зона змішування потоку води з потоком газу.

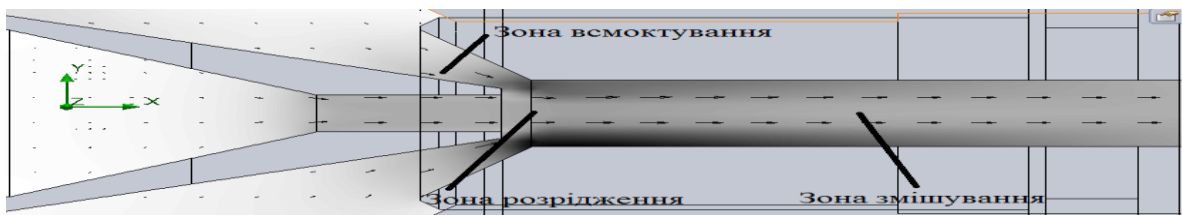


Рисунок 1 Модель ежектора

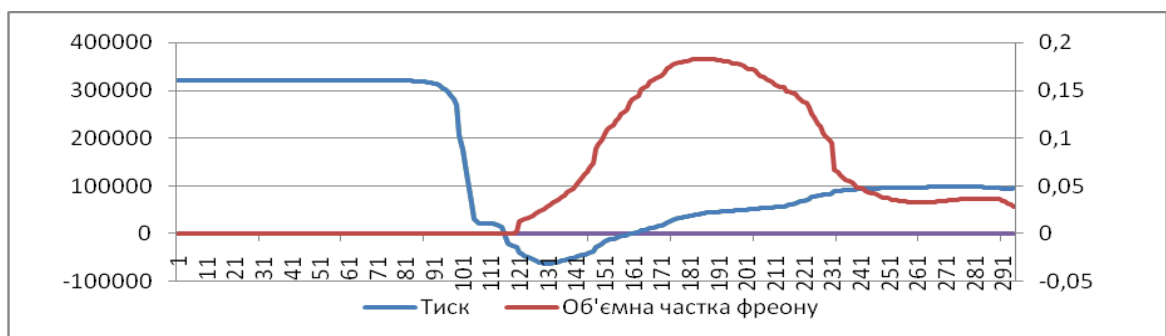


Рисунок 2 Графіки тиску, всмоктування та змішування

1. Для створення розрідження потоком води задаємо тиск на вході 320 кПа. Ця умова створює на вході в ежектор потік з параметрами: $w=1,13$ м/с; $g=0,39$ кг/с, $\rho=999$ кг/м³. В зоні інжекції параметри потоку води становлять: $w=27$ м/с; $\rho=999$ кг/м³; $p=-71$ кПа.

Для точного розрахунку нашої задачі в зонах швидкотекучих фізичних процесів (всмоктування, розрідження, змішування) створюємо локальну розрахункову сітку з коефіцієнтом розбиття $q=16$ по відношенню до базової сітки.

2. Для моделювання процесу всмоктування фреону в зону розрідження для взаємодії потоків рідини (вода) і газу (фреон) створюємо в базі даних, в розділі рідини, нову рідину з параметрами газу (густина псевдо рідини $\rho=1,4$ кг/м³). Модель показує всмоктування потоку фреону з параметрами: $g=0,163$ кг/с; $v=0,0083$ м³/с.

3. В зоні змішування фреон повністю перемішується з водою.(Рисунок 2).

Створена віртуальна модель ежектора показує результати близькі до результатів аналітичного розрахунку (похибка складає менше 7%).

Перелік посилань:

1. Соклов Е. Я. Струйные аппараты / Е. Я. Соколов, Н. М. Зингер. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 353 с. – (3).
2. John E. Matsson An Introduction to SolidWorks Flow Simulation 2010,SDF,2010.

БІНАРНИЙ ЦИКЛ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ТА ЙОГО ЕФЕКТИВНІСТЬ

На сьогодні існує велике різноманіття холодильних машин. Найпоширенішими є: компресійні; пароежекторні; термоелектричні абсорбційні. Кожен тип холодильних машин має ряд своїх переваг та недоліків. Ми розглядаємо пароежекторні холодильні машини в яких робочою речовиною є пара [1]. Суттєвими недоліками даних холодильних машин є: дуже низький тиск у випарнику (0,006 атм, при 0,01°C); неможливість зниження температури у випарнику нижче 0 °С.

Бінарний цикл холодильної установки [2] працює наступним чином: робочою рідиною в ежекторі є вода (в даному випадку вода подається з мережі), яка створює необхідне розрідження у випарнику, в результаті фреон R141 b кипить, випаровується відбираючи тепло із оточуючого середовища; пари фреону рухаються в ежектор, де відбувається перемішування та часткова конденсація парів фреону на струмені води; суміш води і фреону подається в сепаратор-конденсатор, де проходить повна конденсація парів фреону та розділення води, яка в подальшому зливається в каналізацію, і сконденсованого фреону, який залишається у сепараторі-конденсаторі. Представлений холодильний цикл є розімкненим. Для повторного запуску установки фреон із сепаратора-конденсатора перекачується у випарник і цикл повторюється. На рисунку 1 представлена схема розімкнутого холодильного циклу експериментальної установки.

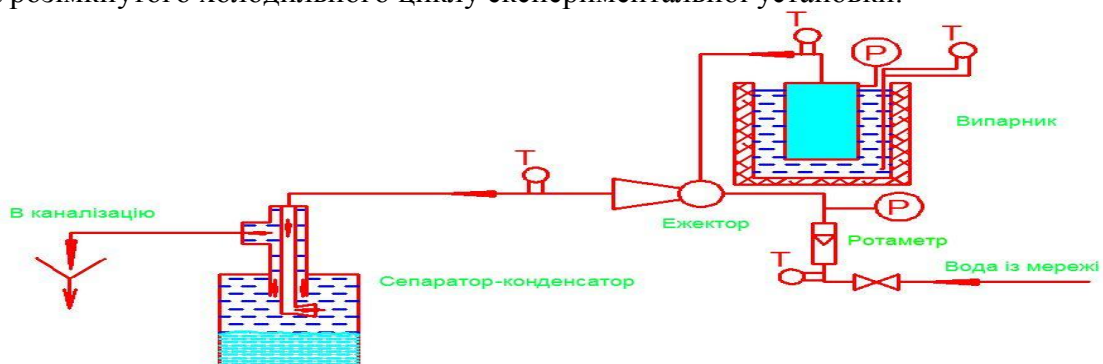


Рисунок 1 - Схема розімкнутого холодильного циклу

Найбільш ефективна відстань від сопла до камери змішування була підібрана експериментальним шляхом, і склала $2d_{\text{сопла}}$.

При роботі установки за відсутності фреону у випарнику, було досягнуто максимального тиску розрідження 0,004 атм, при витраті води на вході в ежектор $1 \text{ м}^3/\text{год}$ та абсолютному тиску 0,35 Мпа (клас точності вакуумметра 0.004).

Під час першого робочого запуску установки були отримані результати на основі яких розрахований холодильний коефіцієнт склав 0,7 ($\epsilon=0,7$).

В подальшому прийнято рішення покращити теплообмін у випарнику з метою збільшення холодильного коефіцієнта.

Перелік посилань:

1. Соколов Е. Я. Струйные аппараты / Е. Я. Соколов, Н. М. Зингер. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 353 с.
2. Пат. 72697 Україна, МПКF25В 1/06. Спосіб отримання холоду в бінарному холодильному циклі «КП» / Я. Є. Трокоз, П. О. Барабаш, О. Б. Голубев. – № 201201828 ; заявл. 17.02.2012 ; опубл. 27.08.2012, Бюл. № 16.

ПРО ІНТЕНСИФІКАЦІЮ ТЕПЛООБМІНУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НАНОРЕЧОВИН

Термін нанорідина не може розглядатися як проста суміш твердої та рідкої фаз. Нанорідини мають бути простими за своїм складом сумішами. Проте їх підготовка триває довго та відбувається без седиментації. Таким чином підготовка нанорідин є ключовим питанням, яке вимагає чутливості та уваги від науковця.

Добре відомо, що теплофізичні властивості нанорідини залежать від типу наночастинок, їх розміру, форми, базової рідини і т.д. В якості базової рідини найчастіше використовують деіонізовану воду та дистильовану. Проте використання деіонізованої води може призвести до корозії алюмінієвих поверхонь. Таким чином, дистильована вода використовується частіше в якості базової рідини та при проведенні експериментів.

Розглянемо процес інтенсифікації на прикладі наноречовини з вмістом частинок CuO , середній діаметр яких 33 нм. Були проведені дослідження теплофізичних параметрів нанорідини з вмістом CuO . Дослідження теплофізичних властивостей нанорідини з вмістом CuO проводились при сталій температурі 293 К та з різною об'ємною часткою наночастинок [1].

На рис. 1 зображена залежність числа Нуссельта від критерія Рейнольдса при різних об'ємних частках наночастинок CuO (для базової рідини – води, для 0,5% вмісту CuO , а також для 1, 2 та 4%).

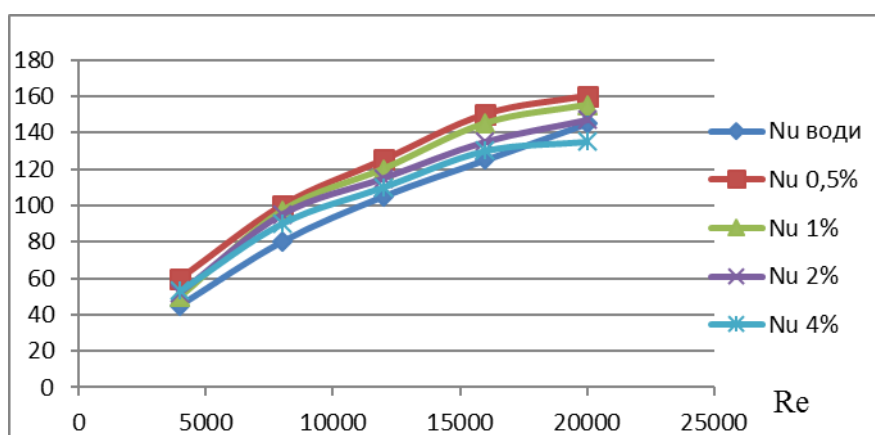


Рисунок 1 – Залежність числа Нуссельта від критерія Рейнольдса при різних об'ємних частці CuO

Як видно з рисунку 1, зі збільшенням критерія Рейнольдса для будь-якого вмісту CuO в рідині, зростає також значення числа Нуссельта. Присутність нанорозмірних частинок в базовій рідині дозволяють інтенсифікувати процес теплопередачі.

При додаванні до базової рідини певної кількості наночастинок покращується процес теплообміну. Збільшуються коефіцієнти тепловіддачі та теплопередачі. Як досліджено вище, що навіть при незначному вмісті об'ємної частки наноречовин в базовій рідині залежність числа Нуссельта від критерія Рейнольдса зростає. Аналогічним чином на процес теплообміну впливає і решта наноречовин.

Перелік посилань:

1. Sahin B. An Experimental Study on Heat Transfer and Pressure Drop of CuO -Water Nanofluid / B. Sahin, E. Manay, E. Akyurek. // Journal of Nanomaterials. – 2015.

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ КІМНАТИ З ТЕПЛОЮ ПІДЛОГОЮ У SOLIDWORKS

Для проектування системи опалення з теплою підлогою необхідно знати швидкість охолодження і нагріву приміщення. Для цього у програмі SolidWorks (Flow Simulation) розроблено математичну модель, яка представляє собою кімнату розмірами 3,44 м × 5,22 м і висотою 2,64 м. На зовнішніх сторонах стін кімнати було задано граничні умови третього роду з урахуванням проведених аналітичних розрахунків, також задано фізичні властивості матеріалів, з яких зроблено стіни.

На моделі було проведено 3 досліді. Перший дослід – нестационарна задача охолодження повітря до температури $\approx 10^{\circ}\text{C}$ (зважаючи на результати, які були отримані при проведенні стаціонарної задачі). Другий дослід – нестационарна задача охолодження повітря до температури $\approx 15^{\circ}\text{C}$. У результаті проведення перших двох дослідів було визначено швидкість охолодження повітря у кімнаті.

Третій дослід – нестационарна задача зміни температури протягом тижня (5 робочих днів + 2 вихідних). Режим роботи підлоги виглядав наступним чином: з початком першого робочого дня підлога вимикається, а з початком другого знову вмикається поки температура в кімнаті не досягне 20°C і потім знову вимикається, наступного також працює до досягнення температури повітря 20°C і знову вимикається. Так триває до кінця робочого тижня. На вихідних підлога не працює. З початком наступного тижня підлога вмикається для прогріву повітря до 20°C . Під час такого режиму тепла стінка поступово охолоджується до температури приблизно $17,5^{\circ}\text{C}$, а тому час на нагрів повітря поступово збільшується і в кінці становить близько 5,6 год, що досить довго. Тому можливий варіант охолодження повітря до більш оптимального значення температури, наприклад, 17°C , а потім його нагрів до 20°C і т.д.

Враховуючи попередній висновок, була проведена оптимізація процесу моделювання. Вона полягала в тому, щоб обмежити охолодження повітря до температури 17°C .

Отже, режим роботи теплої підлоги такий: спочатку, вважаючи, що початкова температура усієї кімнати (як повітря, так стін) становить 20°C , підлога вимикається, потім, при досягненні температури повітря 17°C , вона знову вмикається і працює поки повітря у кімнаті не нагріється до 20°C . Дослід проводиться періодично. Сумарний час дослідження становить 1 тиждень реального часу (час проведення дослідів на моделі значно менший). Цей термін було вибрано з огляду на те, що попередній дослід (без оптимізації) також тривав 1 тиждень.

В середньому тривалість періоду охолодження становить 11,3 год., вона дещо більша на початку, а потім приблизно однакова. Тривалість періоду нагріву, окрім останнього, становить в середньому 2,7 год. Під час даного дослідів температура теплої стінки не опустилася нижче 19°C , що і дозволяло підтримувати майже сталий режим підлоги – як уже згадувалося вище, періоди охолодження і нагріву майже однакові. З цього можна зробити висновок про те, що оптимізація виконана досить вдало.

Отже, в результаті проведення ряду дослідів на моделі вдалося підібрати оптимальний режим роботи теплої підлоги у кімнаті.

Перелік посилань:

1. Алямовский А. А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи / А. А. Алямовский. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 448 с.
2. Сайт компанії «Чжунхай (Україна)» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.zhonghui.com.ua>.

ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ КІМНАТИ З ТЕПЛОЮ ПІДЛОГОЮ

Була поставлена задача дослідити температурний режим кімнати з теплою підлогою із заданими умовами однозначності. Через те, що потужність підлоги більша за втрати теплоти, використовувати підлогу в стаціонарному режимі недоцільно.

Основною задачею було розробити графік включення і відключення теплої підлоги. Ця задача є нестационарною, оскільки періоди охолодження приміщення чергуються з періодами нагрівання. Тому температура в цьому приміщенні є перемінною, таким чином перемінним є температурний напір, від якого залежать умови теплообміну з навколишнім середовищем (коефіцієнт тепловіддачі при природній конвекції залежить від перепаду температур). Для того, щоб врахувати це при заданні граничних умов були побудовані графіки залежності коефіцієнтів тепловіддачі і теплопередачі від температурного напору. Криві на графіках були оброблені у вигляді аналітичних залежностей, що дало змогу знайти середньоінтегральні значення коефіцієнтів тепловіддачі і теплопередачі, які були використані при моделюванні [1,2].

З різних боків досліджуваної кімнати температури оточуючого середовища була неоднаковою, тому була визначена середньозважена температура зовнішнього середовища.

Також аналітично було розраховано час виходу системи на стаціонарний режим при повному відключенні теплої підлоги.

Аналітичні розрахунки були підтверджені результатами моделювання, що свідчить про коректність отриманих результатів.

Перелік посилань:

1. Исаченко В. П. Теплопередача. / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – М.: Энергия, 1975. – 488 с.
2. ДБН В.2.6-31:2006. «Теплова ізоляція будівель»
3. Сайт компанії «Чжунхей (Україна)» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.zhonghui.com.ua>.
4. Сайт компанії «Scanrock» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://scanrock.com.ua>.

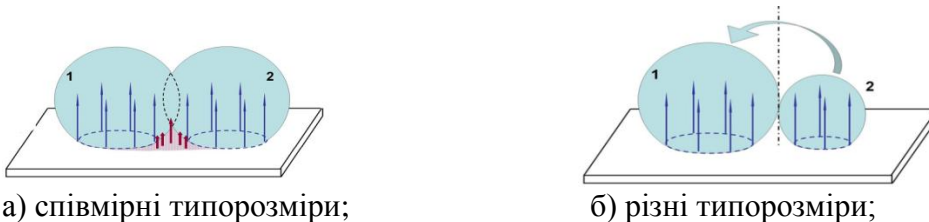
ПРО АНАЛОГІЮ МЕХАНІЗМУ ПРОЦЕСІВ КИПІННЯ-КОНДЕНСАЦІЇ

На початку XXI століття актуальним стало застосування наноречовин з метою інтенсифікації теплообміну і підвищення корозійної стійкості та зносостійкості теплообмінних поверхонь. При застосуванні наноречовин, за умови фазових перетворень теплоносіїв, виникає можливість суттєво збільшити коефіцієнти тепловіддачі, а у випадку конденсації змінити режим з плівкової на краплинну.

Окрім введення наноречовин в контур теплообмінного обладнання, розглядається можливість їх безпосереднього нанесення на теплообмінні поверхні, в тому числі, і за рахунок напилення або іонного бомбардування.

З точки зору фізичних закономірностей протікання процесів бульбашкового кипіння і краплинної конденсації простежуються спільні закономірності. При побудові моделі, яка віддзеркалює механізм процесу необхідно врахувати особливості розвитку відповідних фаз. Для конденсації фазовим утворенням є краплина конденсату, яка розвивається від початкового до відривного розміру. Аналогічним чином для бульбашкового кипіння розглядається окрема бульбашка пари і її розвиток в просторі і часі. Застосування наноречовин дозволяє деталізувати особливості механізму процесу, а саме опису умовного циклу [1].

Наступним кроком в розвитку моделі є аналіз розвитку фазових утворень краплин і бульбашок пари в просторі і часі. Особливу увагу необхідно приділити, як безпосередньому розвитку краплин і бульбашок пари, так і розвитку їх за рахунок злиття – рисунок 1.



а) співмірні типорозміри;

б) різні типорозміри;

Рисунок 1- Модель злиття фазових утворень

Розкриття закономірностей механізму процесу краплинної конденсації для первинного теплоносія і бульбашкового кипіння вторинного теплоносія пояснює високу інтенсивність таких процесів при застосуванні їх в теплообмінному обладнанні. Натомість використання наноречовин виконує подвійну функцію. З одного боку воно дозволяє захистити поверхні від корозійно-ерозійних процесів впливу сольових розчинів на теплообмінну поверхню. З іншого боку наявність на поверхні металу молекул наноречовини сприяє систематизації як чарункових моделей в цілому так і моделей окремих фазових утворень. Все вищесказане дозволяє вдосконалити подальший опис високоінтенсивних процесів теплообміну.

Перелік посилань:

1. Numerical investigation of nucleate boiling heat transfer on thin substrates / [A. Sanna, C. Hutter, R. A. Nelson та ін.]. // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2014. – №76. – С. 45–64.

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОБПАЛЕННЯ АЛЮМІНІЄВИХ ЕЛЕКТРОЛІЗЕРІВ

Обпалення електролізерів здійснюється після капітального ремонту та перед пуском і вимагає значних енергозатрат. Виділяють такі основні способи обпалення: джоулевою теплою (на метали, коксовому дріб'язку і алюмінієвій стружці) або продуктами згоряння газоподібного чи рідкого палива (полуменеве обпалення).

У роботі розглянуті два показники за якими можна порівнювати різні способи обпалення [1]:

- частка акумульованої подиною теплоти $q_{ак}$;
- питома еквівалентна витрата енергії на процес обпалення $q_{екв}$, кВт·год/(м³·К).

Нижче наведені результати обчислення енергетичної ефективності газополуменевого обпалення електролізерів, температурно-теплові режими обпалення яких були розглянуті раніше.

Частка акумульованої подиною теплоти визначається як відношення кількості теплоти, що була використана для нагрівання безпосередньо подини, до виділеної теплоти, що була отримана в результаті спалювання газоподібного палива за певний проміжок часу.

Величину акумульованої подиною теплоти $Q_{ак}$ [Дж] визначають в залежності від об'єму подини V_k [м³], та середньооб'ємної температури поду t_{τ} [° C], які отримують в результаті обробки дослідних даних.

Величину виділеної теплоти знаходимо в залежності від витрати природного газу, його нижчої теплоти згоряння та часу обпалення.

В результаті обробки дослідних даних з газополуменевого обпалення трьох алюмінієвих електролізерів на 130 кА з анодами, що самообпалюються можна зробити висновок, що тільки 15...25% виділеної теплоти витрачається на нагрівання поду, а решта 75...85% - на нагрівання аноду, втрати теплоти в навколишнє середовище та з димовими газами.

Питома еквівалентна витрата енергії на процес обпалення $q_{екв}$ [кВт·год/(м³·К)] чисельнодорівнює відношенню загальної теплоти, яка виділена при спалюванні природного газу за весь період обпалення $Q_{заг}$ [кВт·год] до середньооб'ємної температури поду у кінці процесу обпалення t_{τ} [° C] та об'єму поду V_k [м³].

Результати розрахунків величин $Q_{заг}$ і $q_{екв}$ для досліджених електролізерів наведені в табл.

Таблиця – Витрата енергії на процес обпалення

Номер електролізера	$Q_{заг}$, кВт·год	$q_{екв}$, кВт·год / (м ³ ·К)
1	36504	6,25
2	30861	6,14
3	16056	3,46

З табл. видно, що найменші загальні та питомі витрати енергії спостерігаються для електролізера № 3, який характеризується зменшеними витратами природного газу на процес обпалення майже в 2 рази порівняно з електролізерами №1 та №2.

Перелік посилань:

1. Громов Б.С. Обжиг и пуск алюминиевых электролизеров / Б.С. Громов, Е.Н. Панов, М.Ф. Боженко и др.; под общ. ред. Б.С. Громова. – М.: «Руда и металлы», 2001. – 336 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РОЗПОДІЛУ ПРИПЛИВНОГО ПОВІТРЯ В ЗАКРИТОМУ ПЛАВАЛЬНОМУ БАСЕЙНІ У СПЕКОТНИЙ ПЕРІОД РОКУ

Розв'язок проблеми забезпечення кондиціонування критого басейну має безліч варіантів, які різняться між собою структурою, способами подачі припливного повітря, а також схемами реалізації установки. Проте, яка б це не була система, вона має вирішувати такі головні задачі [1]:

- видалення значної кількості водяних парів, що утворюються в результаті випаровування з поверхні дзеркала ванни;
- компенсація теплових потоків через огорожувальні конструкції;
- підтримування газового складу повітря, що вимагається санітарними нормами.

Застосування реальних експериментів для перевірки, виконує система свої функції чи ні, є досить громіздкими та дорогими. У наш час все більшого поширення набувають віртуальні дослідження, котрі дозволять швидко та наглядно отримати результати з потрібною точністю.

Використання програмного забезпечення SolidWorks дозволяє провести дослідження розподілу припливного повітря приміщенням критого басейну при різних методах його підведення та відведення.

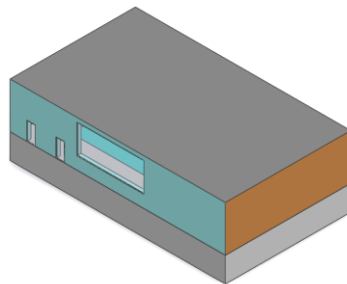


Рис. 1. Каркасный вигляд будинку з басейном

Вихідні дані: площа дзеркала басейну $F=150\text{м}^2$; температура в приміщенні басейну $t_{п}=30^{\circ}\text{C}$, температура води $t_{вод}=28^{\circ}\text{C}$ (згідно з [1] як для оздоровчого басейну); приріст вологовмісту при проходженні басейну $\Delta d_{2-1}=2\text{гвод/кгсп}$; температура навколишнього середовища $t_{пов}=30^{\circ}\text{C}$, відносна вологість $\phi=60\%$.

Із результату проробленої праці було зроблено висновок, що найбільш рівномірний та комфортний режим досягається у схемі з патрубками при верхньому підведенні та нижньому відведенні.

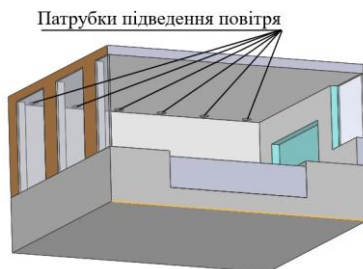


Рис. 2. Розміщення верхніх патрубків

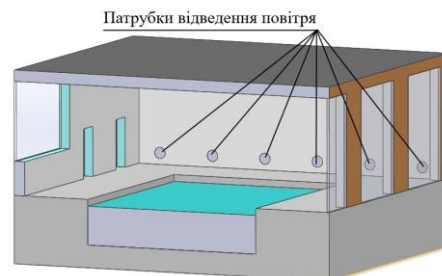


Рис. 3. Розміщення нижніх патрубків

Перелік посилань:

Обеспечение микроклимата и энергосбережение в крытых плавательных бассейнах. Нормы проектирования. [Текст]/ М.: Авок-пресс, 2012. – 18 с.

Магістр 6 курсу, гр. ТП-41м Сергієнко І.В.; к.т.н., асист. Кутра Д.С.
Проф., д.т.н. Безродний М.К.

ТЕРМОДИНАМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕПЛОНАСОСНИХ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ З ВИКОРИСТАННЯМ КАМЕРИ ЗМІШУВАННЯ В ЗАКРИТОМУ БАСЕЙНІ В СПЕКОТНИЙ ПЕРІОД РОКУ

Використання теплових насосів у системах тепло- та холодопостачання як житлових, так і громадських будівель та об'єктів у наш час набуває все більшого розповсюдження. До громадських будівель, наприклад, можна віднести спортивні та рекреаційні комплекси, зокрема, зали плавальних басейнів, підтримка заданого тепловологісного режиму в яких є важливою та водночас складною задачею

Видалення великої кількості вологи, що надходить у приміщення басейну внаслідок її випаровування, а також підтримка температури та вологості повітря в приміщенні басейну, є основною задачею, яку повинна ефективно вирішувати теплонасосна система обробки повітря. Особливістю роботи такої системи у спекотній період є високий вологовміст зовнішнього повітря.

Разом з тим, оскільки рекреаційні та спортивні комплекси працюють цілорічно, теплонасосна система повинна вирішувати задачу не тільки видалення та утилізації значних об'ємів вологого повітря, а й задачі, пов'язані з сезонною зміною температури та вологості зовнішнього припливного повітря. Для спекотного періоду року воно має піддаватися охолодженню та осушенню.

Метою дослідження був аналіз термодинамічної ефективності теплонасосної схеми кондиціювання повітря для критого басейну в спекотний період року в залежності від параметрів роботи системи і зовнішнього повітря.

Проведено дослідження термодинамічної ефективності теплонасосної системи кондиціювання з частковою рециркуляцією відпрацьованого повітря та камерою змішування (КЗ), розташованою у двох випадках: до та після теплового насоса. При цьому для обох варіантів був проведений повний огляд особливостей роботи таких схем.

Розроблено математичну модель роботи теплонасосної системи кондиціювання повітря, реалізація якої була проведена чисельним методом послідовних наближень. У результаті дослідження було визначено, що схема із КЗ до теплового насоса (ТН) характеризується досить низькими значеннями холодильного коефіцієнта схеми, що пов'язано з досить високим тепловим навантаженням випарника теплового насоса. У свою чергу збільшення коефіцієнта рециркуляції та суттєве зниження частки свіжого припливного повітря сприяє збереженню холоду у системі кондиціювання і підвищенню холодильного коефіцієнта всієї теплонасосної схеми кондиціювання.

Теплонасосна система кондиціювання басейну з рециркуляцією відпрацьованого повітря та камерою змішування після ТН в теплий або спекотний період року має більш високу термодинамічну ефективність як за значеннями холодильного коефіцієнта всієї схеми, так і за робочим діапазоном зміни температури та відносної вологості зовнішнього атмосферного повітря (у порівнянні зі схемою з КЗ до ТН). Цей висновок дає підстави для розглядання даної схеми як альтернативної для розробки ефективної теплонасосної системи кондиціювання повітря в приміщеннях великих плавальних басейнів в теплий або спекотний період року.

УДК 62-69

Студент 6 курсу, гр. ТП-41 м Фетісенко О.С.
Асистент кафедри ТПТ, Романова К.О.
Проф., д.т.н. Варламов Г.Б.

АЕРОДИНАМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ У КОНТАКТНОМУ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІ

У зв'язку із підвищенням дефіциту та вартості природного газу, який використовується комунальними підприємствами у процесах теплозабезпечення будинків, актуальним стає збільшення енергоефективності та екологічності процесів тепловиробництва. Це питання вирішується за рахунок використання альтернативного палива (біогаз, лузга, пеллети тощо), проведення модернізації котлів комунальної енергетики, заміни пальникових систем та застосування у процесах теплозабезпечення контактних теплогенераторів (КТ) [1].

Відомі конструкції таких КТ працюють на деяких комунальних підприємствах, аналіз процесів експлуатації яких доводить необхідність їх удосконалення. [2-4]

З цією метою проведена робота з теоретичних засад контактного теплообміну [5] та аналізу процесів тепловиділення під час експлуатації на різних режимах. У якості типового зразка контактного теплогенератора обрано КАОМ, який розроблений науковцями Інституту газу НАН України та НТУУ «КПІ». Пальникову систему для даного типу КТ розроблено науковцями НТУУ «КПІ». Для даного контактного теплогенератора КАОМ створена 3Д-модель камери згоряння та здійснено дослідження аеродинамічних та теплових фізичних процесів на моделі.

За підсумками дослідження виявлені особливості аеродинамічних течій у камері згоряння, які впливають на процеси теплопередачі та теплового навантаження КТ.

З метою інтенсифікації процесів теплопередачі у камері згоряння запропоновані нові конструктивні рішення, які покладені в основу патентної заявки.

Перелік посилань:

1. Варламов Г.Б., Александров А.А., Маляренко В.А., Приймак Е.А. Топливноэнергетический комплекс = Fuel and Energy Complex: учеб. Пособие. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 186с. – (серия «Экологические аспекты энергопроизводства»= Environmental aspects of energy generation
2. Олабін В.М. Математичне моделювання процесу нагріву води в контактній зоні водопідігрівача /В.М. Олабін, В.М.Олійник,В.В. Колесник //Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1999. – №1. – С.69-72.
3. Колесник В.В. Підвищення ефективності систем обігріву із застосуванням контактних водопідігрівачів. 1. Стала витрата циркуляційної води /В.В.Колесник, В.О. П'ятничко, В.М. Орлик, О.І. П'ятничко //Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – №2. – С.72-76.
4. Колесник В.В. Підвищення ефективності систем обігріву із застосуванням контактних водопідігрівачів. 2. Змінна витрата циркуляційної води/В.В.Колесник, В.О. П'ятничко, В.М. Орлик, О.І. П'ятничко //Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – №3. – С.75-79.
5. Використання поверхневих і контактних тепло утилізаторів у когенераційних установках/П'ятничко О.І [та ін.] // Экотехнологии и ресурсосбережение, 2004. – №1.- с. 66-72.

УДК 536.37

Магістр 6 курсу, гр. ТП-41м Христюк І.М.

Доц., к.т.н. Хавін С.О.

ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ГАЗІВ НА МОДЕЛІ МАРТЕНІВСЬКОЇ ПЕЧІ

Удосконалення теплових пристроїв і розробка алгоритмів управління можуть бути спрямовані на енергозбереження, здешевлення і збільшення їх терміну служби. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є моделювання теплового стану працюючої або спроектованої печі в середовищі SolidWorks для виконання оптимізаційних розрахунків по заданому техніко-економічному критерію.

В моїй магістерській роботі було виконане моделювання експериментального стенду 300-тонної мартенівської печі в системі SolidWorks [1, 2], а також розглянуто температурний та швидкісний розподіл продуктів згорання мартенівської печі.

Через неможливість моделювання процесу горіння, було виконано ряд спрощень. Період дослідження був обмежений періодом нагріву твердої шихти до формування рідкої ванни. В цьому періоді плавки, переважає радіаційна передача тепла шихті, проте також буде розглянута і конвективна складова.

Робота виконувалась поетапно і складалась з двох частин:

- робота з ескізами печі і отримання 3D-моделі (рис. 1);
- виконання експерименту в моделі печі, представлення результатів розрахунку в графічному вигляді.

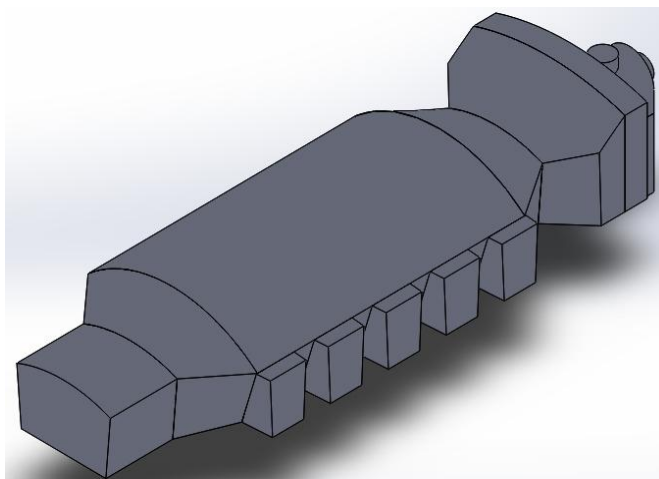


Рисунок 1 – Електронна модель макету 300-тонної мартенівської печі

Щоб зробити рішення задачі в програмі Flow Simulation можливим, попередньо сформульовані і прийняті наступні умови:

1. Процес горіння вважаємо завершеним, а компоненти газового середовища – не вступають в хімічну взаємодію між собою.

2. Процес вважаємо стаціонарним, тобто відсутні рухливі елементи; геометрія об'єкта в процесі розрахунку залишається незмінною.

Перелік посилань:

1. Алямовский А. А. и др. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / Авторы: Алямовский А. А., Собачкин А. А., Одинцов Е. В., Харитонович А. И., Пономарев Н. Б. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 800 с.
2. Белоусов В. Н., Смородин С. Н., Смирнова О. С. Топливо и теория горения. Ч. II. Теория горения: учебное пособие / СПбГТУРП. – СПб., 2011. – 142 с.

УДК 536.245

Master student, gr. OT -41M Nguen V.; Sukhodub I.O.
Prof., Dr. Sc. Deshko V.I.

HEAT RECOVERY EFFECTIVENESS SIMULATION IN VENTILATION SYSTEMS

The ventilation units with energy recovery reduce overall energy use by extracting stale air and then recovering the heating or cooling energy to either cold or hot incoming fresh air. By utilising this energy, the heat recovery systems can save up to 30% on initial capital costs of heating and cooling plant.

In order to simulate heat recovery effectiveness a scaled-down model is build in Solid Works for cross-flow heat exchanger incorporated in ventilation unit. The principle of unit and heat exchanger construction is taken for Lossnay Core (Mitsubishi Electric). The Lossnay Core is a cross-flow total heat recovery unit constructed of plates and fins made of treated paper. The fresh air and exhaust air passages are totally separated allowing the fresh air to be introduced without mixing with the exhaust air.

Simulation parameters and boundary conditions

Materials: solid material: aluminum 5052; fluids material: dry air.

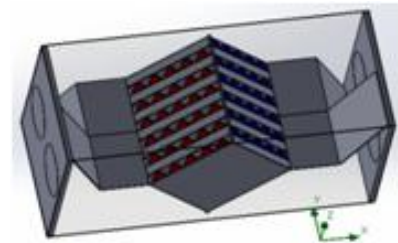
Boundary conditions:

Return Air (RA): Inlet velocity $w_{RA} = 4,01$ m/s;
temperature: $T_{RA} = 297$ K.

Exhaust Air (EA): Static presure: $P_{EA} = 101325$ Pa.

Outdoor Air (OA): Inlet velocity $w_{OA} = 2,65$ m/s;
temperature: $T_{OA} = 302,6$ K.

Supply Air (SA): Static presure: $P_{SA} = 101325$ Pa.



As the results of simulation velocity and temperature distribution, flow trajectories can be shown (Fig. 1). Also temperature of outcoming air flows and heat flux on different surfaces are obtained by surface parameters (Table 1).

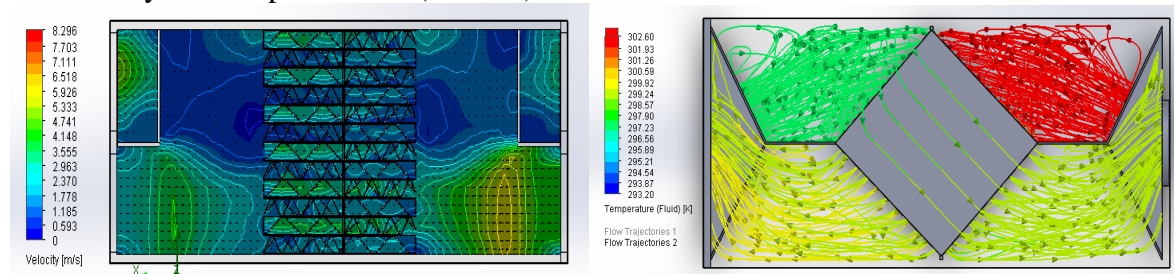


Fig. 1 Velocity contours and flow trajectories

Table 1. Simulation results

Parameters	RA	OA	EA	SA
T, K	297	302,6	299,01	299,49
Cp, J/kg.K	1005,342	1005,567	1005,419	1005,438
G, kg/s	0,0006	0,0004	0,0006	0,0004
H, W	178,93	118,199	180,133	116,997

The sensible heat recovered in the heat exchanger:

$$Q_1 = C_p G_1 (T_{EA} - T_{RA}) = 1,213 \text{ W} \quad Q_2 = C_p G_2 (T_{OA} - T_{SA}) = 1,250 \text{ W}$$

The effectiveness of the heat exchanger:

$$\eta_t = \frac{G_2 C_p (t_{OA} - t_{SA})}{G_2 C_p (t_{OA} - t_{RA})} \cdot 100\% = \frac{(t_{OA} - t_{SA})}{(t_{OA} - t_{RA})} \cdot 100 = 53,54 \%$$

Using the developed scaled-down model with the same NTU as actual one sensivity analysis of heat recovery effectiveness can be made for varios mass flow rates and incoming temperatures.

УДК 697.1

Магістр 5 курсу, гр. ОТ -51м Яценко О.І.; к.т.н., ст. викл. Суходуб І.О.
Проф., д.т.н. Дешко В.І.

ПРОГРАМНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ENERGYPLUS ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЕЛЬ

Програми для моделювання енергоспоживання будівель є потужним інструментом для вивчення енергетичної ефективності та теплового комфорту під час життєвого циклу будівлі. Використання таких програмних засобів допомагає краще зрозуміти проблеми при проектуванні енергетичних систем будівель. EnergyPlus є однією з найбільш передових загальнодоступних програм для моделювання енергоспоживання [1]. Дана програма включає в себе сотні підпрограм, які працюють разом, щоб моделювати енергетичні та масові потоки по всій будівлі. Програма EnergyPlus здатна моделювати реальні умови роботи традиційних систем опалення, охолодження, вентиляції, водопостачання та освітлення в будівлях, а також теплових насосів, сонячних систем тепло- та електропостачання тощо [2]. Інтегроване моделювання в EnergyPlus включає в себе такі можливості як визначення енергоспоживання по зонам (враховуючи потоки повітря між зонами), розрахунок радіаційного теплообміну, поглинання вологи, десорбції, тощо. EnergyPlus має вбудовані шаблони типових систем вентиляції, охолодження, опалення та ін., котрі являються відправною точкою для користувачів при розробці необхідної конфігурації. Особливістю програми є те, що вона проводить як погодинні симуляції на всіх рівнях, так і по обраному користувачем періоду симуляції («проектний» день (design day), доба, місяць, рік або кілька років). Також EnergyPlus має базу даних з погодними умовами для багатьох міст в різних країнах світу, в тому числі і для України.

EnergyPlus не має власного графічного інтерфейсу – введення і виведення інформації здійснюється через текстові файли [2]. Але існує можливість створення геометрії шляхом завантаження файлів з інших програм [3], таких як DesignBuilder, EFEN, AECOSim Energy Simulator, Hevacomp Simulator V8i, COMFEN, Google Sketch Up, для якої написаний модуль для побудови моделі енергоспоживання Open Studio Plug-in [4].

В якості результатів моделювання може виводитися велика кількість звітів, наприклад, погодинні, щоденні, щомісячні та щорічні значення енергоспоживання на опалення, охолодження, освітлення та водопостачання по зонах; дані щодо погодних умов (зовнішня температура, температура сухого та вологого термометру, швидкість та напрямок вітру тощо); конвективні, радіаційні та приховані теплонадходження від обладнання та людей тощо. Таким чином, математичне моделювання енергоспоживання з EnergyPlus дозволяє фахівцям проаналізувати енергетичні характеристики будівель та знайти шляхи оптимізації енергосистем та конструкцій з метою підвищення їх енергетичної ефективності.

Перелік посилань:

1. EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program / D. B. Crawley, L. K. Lawrie [and others] // Energy and Buildings. – 2001. – Vol. 33. – P. 319-331.
2. The official website EnergyPlus Energy Simulation Software [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus>.
3. Third-Party Graphical User Interfaces [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://energyplus.net/interfaces#Hevacomp>
4. Ellis P. Energy Design Plugin: An Energyplus plugin for sketch up / Ellis, P., Torcellini, P. and Crawley, B. // Innovation for our energy future 2008: Presented at IBPSA-USA SimBuild 2008 Conference Berkeley, California.

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА СТАН ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ УКРАЇНИ

На фоні збереження залежності національної економіки від імпорту енергоносіїв, з одного боку, а також зростання цін на дані ресурси, з другого, для сталого економічного розвитку національної економіки вкрай важливою постає проблема ефективного використання енергоресурсів. Слід сказати, що застосування інвестицій буде мати ефективний результат, якщо приймати до уваги всі складові фактори, які можуть впливати на енергоефективність регіональної та галузевої структури національної економіки.

Політико-економічні фактори передбачають зацікавленість основних політико-економічних сил, суб'єктів господарювання, населення, органів державної влади в енергоефективності. [1]

Технічні фактори передбачають певний рівень забезпечення національної економіки енергоефективною технікою, обладнанням, матеріалами та відображається динамікою оновлення основних фондів, інвестиціями в розробку енергоефективної техніки й технологій, рівнем впровадження цієї техніки у сферах національної економіки.

Структурні фактори представляють тип розвитку економіки й способи використання енергії та відображаються у структурі економіки, структурі паливно-енергетичного балансу та пріоритетах соціально-економічного розвитку країни. [2]

Фактори управління представляють собою характер впливу державних органів на енергоефективність національної економіки та відображається у прийнятті та ефективності механізмів стимулювання й управління процесами формування енергоефективної економіки, відкритості процесів прийняття рішень з питань енерговикористання й популяризації енергоефективності. [3]

Проаналізувавши викладені факти, слід сказати, що без зростання зацікавленості політичних сил у підвищенні енергоефективності економіки, без зміни світогляду суспільства, без структурних перетворень, без зміни в управлінській сфері національна економіка буде і в подальшому залишатися енергоємною економікою навіть при вкладанні великих інвестицій у реальний сектор. Іншими словами, підвищення рівня енергоефективності промислового регіона може відбуватися лише разом з економічними важелями і зміною державних інституцій в енергетичному середовищі.

Перелік посилань:

1. Суходоля О. М. Енергоємність валового внутрішнього продукту: тенденції та чинники впливу // Зб. наук. пр. Національної академії державного управління при Президентові України. — 2003. — № 2.
2. Єрмілов С. Ф. Державна політика енергоефективності в Європейському та Українському контексті // Електронний журнал енергосервісної компанії «Екологіческие системы». — 2007. — № 8.
3. Жовтянський В. А. Ключові проблеми енергозбереження у розрізі енергетичної стратегії України : Тези доповідей Міжнар. наук.-техн. конф. «Енергоефективність 2002». — К., 2002.

**ПОБУДОВА ОПТИМАЛЬНОГО ЕНЕРГОБАЛАНСУ КРАЇНИ ШЛЯХОМ
ЕНЕРГЕТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

Наукове обґрунтування пріоритетів енергетичної політики неможливе без застосування відповідних інструментів аналізу - математичних моделей. Точність зроблених оцінок у тому числі залежить від коректності вибору методологічного підходу відповідно до цілей досліджень і наявної інформації про об'єкт моделювання .

Для визначення оптимальних напрямів та обсягів інвестування енергетичної галузі прийнято використовувати спеціальні енерго-економічні моделі. Доцільність використання енерго-економічних моделей обумовлена можливістю визначення за їх допомогою взаємозв'язків і залежностей між різними елементами системи. Моделі енергетичних систем детально описують зв'язки всередині енергетичного сектора, дизагреговану номенклатуру енергоресурсів, повний набір технологій обробки і споживання енергії. [1]

Залежно від цілей досліджень застосовують оптимізаційні та імітаційні моделі енергетичних систем. Високий рівень свободи в оптимізаційній моделі дає можливість вибрати кращий стан системи з множини допустимих рішень у рамках встановлених обмежень і цільової функції. [2]

При моделюванні національної енергетичної системи критеріями оптимізації автоматично стають завдання енергетичної політики, наприклад, мінімізація загальних витрат, максимізація споживання окремого виду енергоресурсу. [3]

При моделюванні енергетичних систем намагаються уникати багатокритеріальної оптимізації , оскільки при використанні стандартних математичних алгоритмів рішення багатокритеріальних задач (лінійне звертання вагових коефіцієнтів, Парето-оптимальність та інші) розв'язок моделі не завжди може бути якісно інтерпретований.

Подальші дослідження у напрямку розробки енергетичних моделей мають набути комплексного характеру: такі моделі мають відповідати вимогам - бути гнучкими за структурою, і дозволяти формувати і оперативно змінювати як початкову інформацію (сценарні умови), так і показники ефективності прийнятих рішень і критерії їх оцінки. Прикладна реалізація моделі має виконуватись з використанням сучасних спеціалізованих прикладних пакетів.

Перелік посилань:

1. Байов Н., Александрова И. Производство и потребление топливно-энергетических ресурсов в XX веке // Мировая экономика-2011.
2. Kydes A.S. Beyond the horizon. Recent directions in long-term energy modeling - Energy, 2005.
3. Joseffson A., Community based regional energy-environmental planning.- Milano, Italy, 2014.

УДК 697.1

Аспірант Білоус І.Ю.; магістр 6 курсу, гр. ОТ-41м Жижа М.І.
Проф., д.т.н. Дешко В.І.

МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕРИВЧАСТОГО ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ

Громадські та житлові будинки являються одними з найбільших споживачів енергоресурсів в Україні. Практично 90% будівель не відповідають сучасним вимогам енергоефективності. На сьогоднішній день головними проблемами таких будівель є підвищені витрати теплової енергії на опалення та невідповідність внутрішнього мікроклімату приміщень загальноприйнятим нормам комфорту [1, 2].

Серед існуючих способів ефективного використання теплової енергії при опаленні будівель спосіб оптимального регулювання температури приміщень являється найбільш малозатратним. Потенціал зниження енергозатрат добре відомий для стаціонарного режиму, коли зниження температури на 1 °С дозволяє знизити тепловтрати на 2-5 % [1, 2]. Процеси, які формують тепловий режим приміщень, необхідно розглядати в нерозривному зв'язку між собою, оскільки їх взаємний вплив виявляється досить суттєвим. Використання переривчастого або змінного опалення потребує інформації про динамічні характеристики оболонки та внутрішніх та зовнішніх теплонадходжень як будівлі в цілому, так і окремих приміщень, зон. Необхідність дослідження теплових режимів будівель забезпечує потреби проектування, експлуатації, реконструкції або модернізації. Основою поглибленого аналізу теплового стану та нестационарних енергетичних балансів будівель є математичне моделювання. Один з елементів оцінки ефективності використання енергетичних ресурсів є створення математичних моделей на базі програмних продуктів. Програмний продукт EnergyPlus дозволяє аналізувати енергетичні характеристики будівель, визначати енергетичну потребу будівель з метою підвищення енергоефективності. Даний програмний продукт є одним з найбільш точних та розгорнутих програмних пакетів для моделювання енергопотреб будівель [3].

Для дослідження переривчастого опалення була створена модель кімнати за допомогою EnergyPlus. Кімната має одну зовнішню стіну та вікно орієнтовану на північ. Конструкція будівлі відповідає вимогам забудови 70-х років. Погодні умови обирались для лютого місяця типічного року за міжнародними даними IWEC (International Weather for Energy Calculations) для міста Києва [4]. Крім погодних умов задавався рівень опалення, який забезпечував прийнятний рівень температури повітря в приміщенні. Для дослідження переривчастого опалення моделювались тепло режими кімнати при різних значеннях рівня опалення у нічні години та розігріву перед початком робочого періоду.

В результаті проведених досліджень за допомогою створеної моделі на базі EnergyPlus можна визначити допустимі та оптимальні з точки зору енергоефективності режими переривчастого опалення будівель.

Перелік посилань:

1. Дешко В.И. Моделирование теплового состояния помещений при измерении режимов параметров отопления / В.И. Дешко, М.М. Шовкалюк, А.В. Ленькин // Промышленная теплотехника. Т.31 - 2009. - №6. - С. 75-80.
2. Круковский П.Г. Возможности и проблемы применения способа экономии энергии путем регулирования температуры помещений / П.Г. Круковский, М.А. Метель, О.Ю. Тадля // Промышленная теплотехника. - 2009. - №7. - С. 24.
3. https://energyplus.net/weather-location/europe_wmo_region_6/UKR.
4. The official website EnergyPlus Energy Simulation Software [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://appl.eere.energy.gov/buildings/energyplus>.

УДК 628.3

Магістр 5 курсу, гр. ОТ-51м Кунь О.В.
Доц., к.т.н. Шкляр В.І.

ОЧИСТКА МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД

Станом на сьогоднішній день водовідведення в Україні здійснюється з незадовільною очисткою. За даними Державного агентства водних ресурсів України забрано води з природних водних об'єктів за 2014 рік, не враховуючи окупованих територій та зони АТО об'ємом 11505 млн. м³, з них відведено 6587 млн. м³ та нормативно очищених 1416 млн. м³. Середньо добова подача води Києву 713000 м³/добу.

Для очищення стоків використовуються досить потужні очисні споруди, продуктивність яких може складати більше ніж декілька мільйонів кубометрів за добу. Технічні рішення великих міських очисних споруд включають механічну, біохімічну очистку, доочистку і обезводнення.

В склад цеху механічної очистки входять механічні решітки, первинні радіальні відстійники, біохімічну очистку ведуть по схемі аерація – вторинні відстійники. Після очистки залишається осад, який утилізують спалюванням у киплячому шарі, та циклонні печі, виробляють біогаз, використовують як добриво та для вироблення будівельних матеріалів.

Іншими напрямками утилізації стічних вод, наприклад, у засушливих країнах є зрошення при вирощуванні сільськогосподарських культур. Це дозволяє зменшити використання водяних ресурсів і добрив. Також стічні води використовують у річкових господарствах, вирощування риби, водоростей, у річках удобрених стоками і екскрементами.

На території України у сховищах міститься біля 5 млрд. т. комунальних відходів при природній вологості. Площа їх розміщення складає 10000 Га землі. При переробці цих відходів можна отримати 400 МВт/год електричної та 500 Гкал/год теплової енергії.

Із 130000 м³ стічних вод отримаємо 1 МВт потужності при спалюванні отриманого біогазу, що зменшує викиди CO₂ на 3 тони за рік.

Перелік посилань:

1. Ресурсосберегающие технологии очистки сточных вод: монография / С. С. Душкин, А. Н. Коваленко, М. В. Дегтярь, Т. А. Шевченко; Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва. – Х. : ХНАГХ, 2011.-146 с.
2. Лотош В. Е. Утилизация канализационных стоков и осадков [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://lotosh.lgb.ru/fopp/txt/sewageutil.pdf>.

Зміст

СЕКЦІЯ №1 Атомна енергетика	3
Обґрунтування ядерної безпеки у випадку течії каньйону сховища відпрацьованого ядерного палива №1.	4
<i>СОЛОВЙОВ В.В., аспірант проф., д.т.н. Письменний Є.М.</i>	6
Атомна енергетика: за і проти.	
<i>НЕЧИПОРУК О.П., студент гр. ТЯ-33 асист. Кондратюк В.А.</i>	
Реалізація маневрених режимів на АЕС з реакторами ВВЕР-1000.	7
<i>БЄЛИХ Д.О., студент гр. ТЯ-22 асист. Кондратюк В.А.</i>	
Вплив внутрішнього діаметру на теплопередаючі характеристики двофазних термосифонів для охолодження басейну витримки.	8
<i>БЄЛОВ О.П., магістр гр. ТЯ-41м доц., к.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Проблеми термоядерних реакторів.	9
<i>БІДУН А.В., студент гр. ТЯ-32 доц., к.ф.-м.н. Лещенко Б.Ю.</i>	
Аналіз можливості продовження терміну експлуатації реакторної установки І блоку Южно-Української АЕС, пов'язаної зі станом блоку захисних труб.	10
<i>ВЕСЕЛОВ Є.В., магістр гр. ТЯ-41м доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Основне обладнання другого контуру блоку АЕС з реактором типу ВВЕР-1000.	11
<i>ВИСОЦЬКИЙ А.І., студент гр. ТЯ-21 доцент. Лебедь Н.Л.</i>	12
Оцінка впливу сейсмічної дії на безпеку АЕС.	
<i>ГАРАНЬ О.В., студент гр. ТЯ-21 ст.викл., к.т.н. Сахно О.В.</i>	
Алгоритм прийняття рішення про продовження терміну експлуатації енергоблоків АЕС.	13
<i>ГЕРШТУН О.М., магістр гр. ТЯ-51м ст.викл., к.т.н. Філатов В.І.</i>	
Визначення параметрів сейсмічної пошкоджуваності обладнання, важливого для безпеки АЕС, на основі метода граничної сейсмостійкості.	14
<i>ГЛУШКО А.В., студент гр. ТЯ-51м ст.викл., к.т.н. Сахно О.В.</i>	
Підвищення безпеки на АЕС за допомогою системи видалення водню.	15
<i>ДЕГТЯР С.О., студент гр. ТЯ-22 асист., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Аналіз використання палива Westinghouse у реакторних установках ВВЕР-1000.	16
<i>ДЕМИДЮК В.Г., студент гр. ТЯ-22 к.т.н., доц. Рогачов В.А.</i>	
Реакторна установка ВВЕР-1000. Збільшення коефіцієнту використання встановленої потужності за рахунок оптимізації ППР.	17
<i>ДУДАР І.Ю., студент гр. ТЯ-22</i>	

<i>викл., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Розрахунок радіаційного розпухання вигородки реактора енергоблоку №1 ЮУАЕС.	18
<i>ЄВЛАХОВИЧ Г.Ю., магістр гр. ТЯ-41м</i>	
<i>доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Особливості управління аварією з течею теплоносія із першого в другий контур з використанням РК САОЗ ВТ.	19
<i>ІВАНЮК О.В., магістр гр. ТЯ-41м</i>	
<i>проф., д.т.н. Носовський А.В.</i>	
Максимальна проектна аварія для різних типів палива енергоблоку ВВЕР-440/В-213.	20
<i>КАЙДИК Б.В., студент гр.ТЯ-22</i>	
<i>Керівник – доц., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Забезпечення надійної експлуатації ЯЕУ в рамках програми продовження терміну експлуатації.	21
<i>КАЛИТА І.А., студент гр. ТЯ-22</i>	
<i>асист. Остапенко І.А.</i>	
Діагностування герметичності оболонок твелів методом сипінг-контролю.	22
<i>КАНСЬКИЙ О.М., студент гр. ТЯ-22</i>	
<i>доц., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Методика оцінки радіаційних наслідків при аваріях із розливом рідких радіоактивних середовищ.	23
<i>КИРИЛЕНКО Ю.О., магістр гр. ТЯ-41м</i>	
<i>БОГОРАД В.І., к.ф.-м.н.</i>	
<i>проф., д.т.н. Носовський А.В.</i>	
Забезпечення відводу тепла від басейну витримки на енергоблоках з реакторами типу ВВЕР-1000.	24
<i>КІРДЕЙ Ю.В., студентка гр. ТЯ-21</i>	
<i>ст.викл. Сахно О.В.</i>	
Покоління керметних твелів на основі мікропалива для ВВЕР.	25
<i>КЛЕПАЦЬКИЙ В.С., студент гр. ТЯ-21</i>	
<i>доц., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Обґрунтування безпеки реакторної установки ВВЕР-1000 за умов виконання маневру потужності .	26
<i>КОЗНЮК Д.В., студент гр. ТЯ-22</i>	
<i>доц., к.т.н. Овдієнко Ю.М.</i>	
Застосування перспективних матеріалів вигоряючого поглинача для ВВЕР-1000.	27
<i>КОКАРЕВ І.О., студент гр. ТЯ-22</i>	
<i>ас., к.т.н. Овдієнко Ю.М.</i>	
Дослідження можливостей використання датчиків поточного контролю радіаційного випромінювання під час перевезення радіоактивних матеріалів	28
<i>КОПЧИНСЬКА І.В., студент гр. ТЯ-31</i>	
<i>доц., к.т.н. Новаківський Е.В.</i>	
Дослідження властивостей матеріалів корпусів реакторів ВВЕР-1000 за допомогою зразків-свідків.	29
<i>КОСЯК П.С., студент гр. ТЯ-51м</i>	
<i>ст.викл., к.т.н. Сахно О.В.</i>	
Вплив довжини зони нагріву двофазних термосифонів на максимальні теплові навантаження для охолодження сухого сховища відпрацьованого	30

ядерного палива.	
<i>КОШЕЛЮК А.О., магістр гр. ТЯ-41м</i>	
<i>доц., к.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Сучасні методи підготовки додаткової води на АЕС з реакторами ВВЕР-1000.	31
<i>КРАВЦОВА Т.Г, студентка гр. ТЯ-21</i>	
<i>доцент, к.т.н Коньшин В.І.</i>	
Аналіз стану внутрішньокорпусної шахти реактора І блоку Южно-Української АЕС з метою продовження його експлуатації.	32
<i>КРОТ М.В., магістр гр. ТЯ-41м</i>	
<i>доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Аналіз підходів до переробки та утилізації відпрацьованого ядерного палива АЕС.	33
<i>ЛИПНИЦЬКИЙ А.М., студент гр. ТЯ-21</i>	
<i>ст.викл., к.т.н. Сахно О.В.</i>	
Важливість розрахунку флюенса швидких нейтронів на корпуси ядерних реакторів.	34
<i>ЛИМАЗ С.С., студент гр. ТЯ-22</i>	
<i>асист., к.т.н. Овдієнко Ю.М.</i>	
Аналіз результатів кваліфікаційних випробувань обладнання ядерних енергоустановок.	35
<i>ЛУК'ЯНЧУК Р.В., студент гр. ТЯ-22; МЕЛЬНИК Н.І., студент гр. ТЯ-22</i>	
<i>асист. Остапенко І.А.</i>	
Пасивна система тепловідведення в реакторній установці типу ВВРМ на основі термосифонів.	36
<i>ЛЮТОВ А.О., студент гр. ТЯ-22</i>	
<i>асист. Клевцов С.В.</i>	
Технічні заходи з продовження терміну експлуатації енергоблоку АЕС.	37
<i>ЛЮТОВ С.О., студент гр. ТЯ-22</i>	
<i>ст.викл., к.т.н. Філатов В.І.</i>	
Система перетворення енергії радіоактивних ізотопів (RECS) на АЕС.	38
<i>МІХЄЄВ Д.М., магістр гр. ТЯ-51м</i>	
<i>асист., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Високочастотна коливальна нестійкість процесу кипіння в реакторних каналах.	39
<i>МОВЧАН Ю.С., студент гр. ТЯ-22</i>	
<i>асист. Кондратюк В.А.</i>	
Нейтронно-фізичні аспекти обґрунтування безпеки експлуатації змішаних паливних завантажень активної зони ВВЕР-1000.	40
<i>МУХА В.В., магістр гр. ТЯ-41м</i>	
<i>проф., д.т.н. Носовський А.В.</i>	
Подовження строку експлуатації обладнання та трубопроводів ядерної установки енергоблоку №1 ВП ЗАЕС методом розрахунку на статичну та циклічну міцність.	41
<i>ОРЕХОВ А.Ю., магістр гр. ТЯ-51м</i>	
<i>асист., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Шляхи вдосконалення процесу кваліфікації обладнання АЕС України з використанням радіаційних технологій.	42
<i>ОСТАПЕНКО І.А., аспірант</i>	
Методи оцінки сейсмостійкості обладнання важливого для безпеки АЕС з реакторами ВВЕР.	43

<i>ПЕТРОВ Д.О., студент гр.ТЯ-21</i> <i>ст.викл. Сахно О.В.</i>	
Теплогідравлічний аналіз безпеки використання змішаних паливних завантажень.	44
<i>ПОГОНЕЦЬ О.С., магістр гр.ТЯ-41М</i> <i>проф., д.т.н. Носовський А.В.</i>	
Міцнісний аналіз безпеки використання змішаних паливних завантажень.	45
<i>ПІДГАСЦЬКИЙ Т.В., магістр гр.ТЯ-41М</i> <i>проф., д.т.н. Носовський А.В.</i>	
Підхід до визначення вартості демонтажу при знятті з експлуатації ядерних енергетичних установок.	46
<i>ПОЛІЩУК С.М., магістр гр. ТЯ-51м</i> <i>ст.викл., к.т.н. Філатов В.І.</i>	
Основи оцінки сейсмічної стійкості і сейсмічної пошкоджуваності обладнання АЕС.	47
<i>ПОПЕНКО А.О., студент гр.ТЯ-21</i> <i>ст.викл. Сахно О.В.</i>	
Використання методу граничної сейсмостійкості при оцінці сейсмічного впливу на обладнання АЕС.	48
<i>П'ЯНКОВ Т.О., магістр гр. ТЯ-41м</i> <i>доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Вибір технології переробки твердих радіоактивних відходів, накопичених в зоні відчуження ЧАЕС.	49
<i>РОЗВАЗКИЙ О.В., студент гр. ТЯ-22</i> <i>Гашимов А.М.</i>	
Реакторна установка В392Б як варіант для добудови Хмельницької АЕС.	50
<i>САМОЛЮК Я.Ю., студент гр. ТЯ-21</i> <i>доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Система пасивного відводу тепла від басейну витримки в атмосферу гермооболонки реактора ВВЕР-1000 на основі термосифонів.	51
<i>СЕМЕНЮК О.В., студент гр. ТЯ-21</i> <i>асист. Клецов С.В.</i>	
Аналіз експлуатаційної надійності та причини пошкоджуваності ПВГ-1000 та ПВГ-1000М.	52
<i>СЕМЕНЮК Р.Ю., студент гр.ТЯ-21</i> <i>ст.вик., к.т.н. Філатов В.І.</i>	
Атомні станції з передовими реакторами малої середньопотужності.	53
<i>СОВПЕНКО В.С., студент гр. ТЯ-21</i> <i>асист. Серафим Р.І.</i>	
Анализ эффективности работы САОЗ НД при возникновении аварий с течью теплоносителя первого контура.	54
<i>СТАШЕВСЬКИЙ С.С., студент гр. ТЯ-22</i> <i>асис. Гашимов А.М.</i>	
Вибір технології захоронення низько- та середньоактивних РАВ, накопичених в зоні відчуження ЧАЕС.	55
<i>СТЕФАНОВИЧ О.О., студент гр. ТЯ-22</i> <i>Гашимов А.М.</i>	
Система примусового скидання тиску із гермооболонки.	56
<i>СРАТІЛАТ Д.П., магістр гр. ТЯ-51м</i> <i>асист., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Досвід експлуатації та напрямки розвитку конструкції горизонтальних парогенераторів.	57

<i>СУЩЕНКО К.О., студент гр. ТЯ-21</i> <i>Керівник – асист. Серафим Р.І.</i>	
Аналіз сучасного стану поводження з радіоактивними відходами в Україні та світі.	58
<i>СИЧОВ Д.В., студент гр. ТЯ-21</i> <i>асист. Серафим Р.І.</i>	
Опыт эксплуатации твс компании "ВЕСТИНГАУЗ" в реакторах ВВЭР-1000.	59
<i>ТРЕТЯК А.О., студент гр. ТЯ-22</i> <i>асист. Гашимов А.М.</i>	
Сумісна робота сонячного колектора і теплового насосу в зимовий період.	60
<i>ТРОФИМЕНКО О.Р., студент гр. ТЯ-31</i> <i>доц., к.т.н. Новаківський Є.В.</i>	
Аналіз поточного стану досліджень у сфері тяжких аварій.	61
<i>ФАБРИЦЬКА В.Ф., студентка гр. ТЯ-21</i> <i>асист. Серафим Р.І.</i>	
Оцінка радіаційного розпухання та прогресуючої формозміни елементів вигородки реакторів типу ВВЕР-1000.	62
<i>ФІЛОНОВ В.В., студент гр. ТЯ-22</i> <i>асист., Кондратюк В.А.</i>	
Критерії появи вібраційних процесів внутрішнькорпусних приладів реакторів типу ВВРТ.	63
<i>ФІЛОНОВ В.В., студент гр. ТЯ-22</i> <i>проф., д.т.н. Туз В.О.</i>	
Модернізація паливних завантажень для реакторів типу ВВЕР.	64
<i>ЦЕМАХ О.А., студент гр. ТЯ-21</i> <i>доц., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Стратегії керування аварією із середньою течією теплоносія першого контуру реакторної установки ВВЕР-1000.	65
<i>ЧЕРКАСОВ О.А., студент гр. ТЯ-22</i> <i>асист. Гашимов А.М.</i>	
Ефективність застосування додаткових систем управління аваріями на реакторній установці з реактором ВВЕР-1000.	66
<i>ЧЕРНЮК О.О., магістр гр. ТЯ-51м</i> <i>доц., к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
Альтернативний спосіб подачі запірної води ГЦН-195М в умовах запроектних аварій.	67
<i>ШЕЛЯГОВСЬКИЙ Д.О., студент гр. ТЯ-21</i> <i>асистент Федоров Д. О.</i>	
Модернізація головного циркуляційного насосу реактора типу ВВЕР-1000.	68
<i>ШЕПЕТЬКО О.Р., студент гр. ТЯ-22</i> <i>Керівник – асистент Кондратюк В.А.</i>	
Альтернативний спосіб подачі запірної води ГЦН-317 в умовах запроектних аварій.	69
<i>ШИШУТА А.М., студент гр. ТЯ-21</i> <i>асистент Федоров Д. О.</i>	
Перепризначення числа циклів навантаження обладнання та трубопроводів ядерної установки енергоблоку №1 ВП ЮУАЕС у надпроектний період до 60 років.	70
<i>ЯВОРСЬКИЙ А.О., магістр гр. ТЯ-51м</i> <i>асист., к.т.н. Бібік Т.В.</i>	
Обґрунтування необхідності спорудження Центрального сховища	71

відпрацьованого ядерного палива (ЦСВЯП) в Україні.	
<i>ЯЦЕНКО М.В., студент гр. ТЯ-21</i>	
<i>асистент Кондратюк В.А.</i>	
Імовірнісний аналіз безпеки з урахуванням «постфукосімовських» заходів для реакторів ВВЕР-1000 (В-320) України.	72
<i>ФІЛІНІУКО В., студент гр. ТЯ-51м</i>	
<i>доцент, к.т.н. Коньшин В.І.</i>	
СЕКЦІЯ №2 Теплообмін і гідродинаміка в теплопередаючих пристроях і енергетичних установках	73
Вплив теплоносія та його кількості на робочі характеристики канавчатих теплових труб.	74
<i>АНДРУСІК Н. Ю, студент. гр.ТФ-21</i>	
<i>доц. к.т.н.. Шевель Є. В.</i>	
Інтенсифікація процесів теплообміну в алюмінієвих профільних термосифонах за рахунок оптимізації капілярної структури.	75
<i>АНІСІМОВА А.А., магістр гр. ТФ-41м</i>	
<i>доц., к.т.н. Шевель Є.В.</i>	
Управління вихровим тепломасообміном в елементах енергетичного обладнання.	76
<i>БАСКОВА О.О., аспірант</i>	
<i>проф., д.ф.-м.н. Воропаєв Г.О.</i>	
Влияние геометрических параметров на теплопередающие характеристики двухфазных термосифонов.	77
<i>БОБЕР М.О., студент гр. ТФ-21</i>	
<i>доц., к.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Локальний теплообмін плоско-овальної труби з неповним поперечним оребренням.	78
<i>БОНДАР В. А., студентка гр. ТФ-21</i>	
<i>асистент Семеняко О.В.</i>	
Теплопередающие характеристики двухфазных термосифонов с наножидкостью.	79
<i>ГУРОВ Д.І., студент гр. ТФ-31</i>	
<i>доц., к.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Дослідження структури течії повітря в каналі з сітчастими стінками.	80
<i>ЗАДВЕРНЮК В.В., аспірант</i>	
<i>Керівники - проф., д.т.н. Дешко В.І, стар. викладач, к.т.н. БАРАНЮК О.В..</i>	
Термическое сопротивление гравитационной тепловой трубы с резьбовидной капиллярной структурой.	81
<i>КОЗАК Д.В., аспірант</i>	
<i>ст.н.спів., к.т.н. Ніколаєнко Ю.Є.</i>	
Влияние давления на кризис теплообмена при кипении в алюминиевых канавчатых тепловых трубах.	82
<i>КОЗАК Д.В., аспірант</i>	
<i>ст.н.спів., к.т.н. Хайрнасов С.М.</i>	
Вимірювальний комплекс для дослідження інсоляції.	83
<i>КРАСОТА Д.О., магістр гр. ТФ-51м</i>	
<i>м.н.спів., к.т.н. Гончарук С.М.</i>	
Розробка верифікація CFD-моделі теплообмінного апарату.	84
<i>МАКАРЧУК Ю.О., магістр гр. ТВ-51м</i>	

<i>ст.викл., к.т.н. Баранюк О.В.</i>	
Система охолодження поверхні з похилими отворами.	85
<i>МАЛІНОВСЬКА А.М., магістр гр. ТФ-51м</i>	
<i>доц., к.т.н. Лебедь Н.Л.</i>	
Влияние параметров пульсационных тепловых труб на их теплопередающие характеристики.	86
<i>МЕЛЬНИК Р.С., магістр гр. ТФ-41м</i>	
<i>проф., д.ф.-м.н. Воропаев Г.А.</i>	
Новая система охлаждения для светодиодных осветительных приборов.	87
<i>МЕЛЬНИК Р.С., магістрант гр. ТФ-41м</i>	
<i>д.т.н. Николаенко Ю.Е.</i>	
Визначення ефективності повітряного сонячного колектора.	88
<i>МЕЛЬНИК О.А., студент гр. ТФ-21</i>	
<i>доц., к.т.н. Хайрмасов С.М.</i>	
Залежність коефіцієнта тепловіддачі в зоні нагріву двофазних термосифонів від питомого теплового потоку .	89
<i>МОРДАС Р.В., студент гр. ТФ-21</i>	
<i>доц. к.т.н. Лебедь Н.Л., доц., к.т.н. Кравець В.Ю.</i>	
Опис експериментальної установки для дослідження процесів теплообміну при конденсації з парогазової суміші на поверхні горизонтальної труби.	90
<i>ОЛЕКСІЙОВЕЦЬ Н.Г., студент гр. ТФ-21</i>	
<i>Керівник- к.т.н. Лебедь Н.Л.</i>	
Перспективи застосування апаратів повітряного охолодження в умовах природної тяги.	91
<i>ПОДОЛЯН А.А., студент гр. ТФ-21</i>	
<i>асист. Піцина І.Г.</i>	
Вплив повітропроникності на температурний режим будівлі.	92
<i>ПОСТОЛ А.С., магістр гр. ТФ-51м</i>	
<i>доц., к.т.н. Шевель Є.В.</i>	
Безпека комп'ютерних мереж з динамічною адресацією за протоколом IP.	93
<i>РОЗУМ Т.В., студент гр. ТФ-21</i>	
<i>доц., к.т.н. Шевель Є.В.</i>	
Теплові характеристики наносупутника PolyITAN-2-SAU.	94
<i>ЧАПЛИГІН О.О., магістр гр. ТФ-41м</i>	
<i>доц., к.т.н. Лебедь Н.Л.</i>	
Гідродинаміка та теплообмін при природній циркуляції у підігрівачах газу .	95
<i>ГНЄДІКОВ Б.Б., спеціаліст гр. ТК-41с</i>	
<i>доц., д.т.н. Туз В.О.</i>	
Теплообмінник киплячого шару котла з циркулюючим киплячим шаром.	96
<i>ГОРБАНЬ К.С., магістр гр. ТК-51м</i>	
<i>проф., к.т.н. Туз В.О.</i>	
Аналіз можливості залучення високозольних відходів вуглезбагачення до виробництва теплової та електричної енергії..	97
<i>ГРИБ Є.П., магістр гр. ТК-41м</i>	
<i>доц., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Тепломасообмін в фільтр-сепараторі паливної системи ГТУ ГПА.	98
<i>ГРЯЗЕВ Д.С., студент гр. ТК-21</i>	
<i>проф., д.т.н. Туз В.О.</i>	
Аналіз заміщення природного газу альтернативним газовим паливом в енергетичних установках.	99

<i>КАРАСИК А.О., студент, гр. ТК-21</i> <i>к.т.н., асистент Воробйов М.В.</i>	
Зменшення викидів оксидів азоту в енергетичних установках при вприскуванні води і водяної пари.	100
<i>КИРИК І.М., студент гр. ТК-21</i> <i>доц., к.т.н. Воробйов М.В.</i>	
Підвищення ефективності роботи парового котла Е-1-0,9Г при низьких параметрах навантаження.	101
<i>КОБИЛЯНСЬКИЙ В.Ю., магістр гр. ТК-51м</i> <i>доц., к.н.т. Рогачов В.А</i>	
Особливості розрахунку температури частинки палива при теплообміні в киплячому шарі.	102
<i>НАПРЕСНКО В.А., студент гр. ТК-21</i> <i>ст.викл., к.т.н. Косячков О.В.</i>	
Інтенсивність процесу зв'язування сірки в димових газах, розпиленням аміачної води.	103
<i>РЕГІДА С.О., магістр гр. ТК-41м</i> <i>проф., д.т.н. Туз В.О.</i>	
Застосування електрофільтрів при очищенні димових газів у котельних агрегатах.	104
<i>СОКОЛ Р.М., студент гр. ТК-21</i> <i>доц., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Розробка конструкції котельного агрегату, паропродуктивності 10 т/год перегрітої пари, що спалює лушпіння соняшника у якості палива.	105
<i>ТАРАНОВСЬКИЙ А.Ю., магістр гр. ТК-51м</i> <i>ст.викл., к.т.н. Філатов В.І.</i>	
Очищення запиленого потоку газів за допомогою мокрих скрубєрів Вентурі.	106
<i>ТИШКО О.Ю., студент гр. ТК-21</i> <i>ст.викл., к.т.н. Косячков О.В.</i>	
Переведення пиловугільного парового котла ТП-35У на спалювання біомаси та відходів зі зміною типу спалювання.	107
<i>ШМАЮН М.В., студент гр. ТК-21</i> <i>доцент, к.т.н. Новаківський Є.В.</i>	
Низькотемпературна корозія повітропідігрівача парового котла.	108
<i>ЯНУШЕВСЬКИЙ В.А., студент гр. ТК-21</i> <i>ст.н.спів., к.т.н. Рогачов В.А.</i>	
Методи зниження шкідливих викидів при роботі котла ГМ-50-1.	109
<i>ШОРИК Р.В., студент гр. ТК-21</i> <i>доц., к.т.н. Косячков О.В.</i>	
СЕКЦІЯ №3 Сучасні технології в тепловій енергетиці	110
Моделирование теплового и напряженно-деформированного состояния автоматического стопорного клапана ЦВД.	111
<i>ЯКИМЧУК М.О., студент гр. ТС-31</i> <i>проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Воднева енергетика.	112
<i>ГЕТМАНЧУК Г.О., студент гр. ОТ-41</i> <i>проф., к.т.н. Константинов С.М.</i>	
Промениста енергія Тесли та генератор вільної енергії в його сучасному вигляді.	113

<i>ГУБЕНКО О.О., студент гр. ОТ-41</i> <i>проф., к.т.н. Константинов С.М.</i>	
Генератор променевої енергії.	114
<i>ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ М.С., студент гр. ОН-41</i> <i>проф., к.т.н. Константинов С.М.</i>	
Теплообмін та аеродинамічний опір шахових пакетів плоскоовальних труб з неповним оребрением при малих числах Рейнольдса.	115
<i>БАШКІР І.С., магістрантка гр. ТС-41м.</i> <i>проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю., ст.н.співр., к.т.н. Терех О.М.</i>	
Граничні умови теплообміну в корпусі ЦВД турбіни К-200-130.	116
<i>БЕДНАРСЬКА І.С., студентка гр. ТС-22</i> <i>проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Геліотермальна електроенергетика.	117
<i>ВАСИЛЬЄВА Н.К., студентка гр. ТС-22</i> <i>ст.викл. Меренгер П.П.</i>	
Дослідження та оптимізація геометрії профільованих поверхонь зрошувачів плівкових градирень.	118
<i>ВЕРЕЩИНСЬКИЙ А.М., студент гр. ТС-51м</i> <i>проф., д.т.н. Шрайбер О.А.</i>	
Оцінка технічного стану і залишкового ресурсу трубопроводів електростанцій.	119
<i>ВОВЧИНА Ю.О., студентка гр. ТС-21</i> <i>ст.викл., к.т.н. Нікуленкова Т.В.</i>	
Способи підвищення ефективності мереж теплопостачання.	120
<i>ГОРСЬКИЙ В.В., студент гр. ТС-21</i> <i>проф., д.т.н. Кесова Л.О.</i>	
Граничні умови теплообміну в корпусі ЦВД турбіни К-200-130.	121
<i>ГОРЯЖЕНКО В.Ю., студент гр. ТС-21</i> <i>проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Пошкоджуваність від крутильних коливань та залишковий ресурс валопроводу турбіни К-200-130.	122
<i>ГУДОВ М.І., магістрант гр. ТС-41м</i> <i>проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Підвищення теплової ефективності житлових будинків.	123
<i>ДЕРНОВИЙ В.В., студент гр. ТС-42</i> <i>ст.викл. Сірий О.А.</i>	
Продовження експлуатації ротора середнього тиску парової турбіни К-300-240 з оцінкою залишкового ресурсу.	124
<i>ДЕРНОВИЙ Д.І., магістрант гр. ТС-51м</i> <i>проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Вплив теплоенергетичних об'єктів на навколишнє середовище.	125
<i>ДОРОФІЙ П.С., студент гр. ТС-21</i> <i>проф., д.т.н. Кесова Л.О.</i>	
Реконструкція енергоблоків ТЕС - шлях до розвитку електроенергетики.	126
<i>ЗАДОРЖНЯ А.О., студентка гр. ТС-41</i> <i>асист. Шелешей Т.В.</i>	
Теплофізичні властивості сировини рослинного походження.	127
<i>ІВАЩЕНКО Д.С., студент</i> <i>доц., к.т.н. Риндюк Д.В.</i>	
Підвищення надійності котельного обладнання за рахунок рециркуляції димових газів.	128
<i>КВАСНЕВСЬКИЙ А.С., магістрант групи ТС-41м</i>	

<i>доц., к.т.н. Грановська О.О.</i>	
Проведення контролю стану металу турбін неруйнівними методами.	129
<i>КОВАЛЬЧУК В.А., студент гр. ТС-22</i>	
<i>ст.викл., к.т.н. Нікуленкова Т.В.</i>	
Особливості мікрофакельного спалювання альтернативних газових палив за стабілізатором.	130
<i>КОНДРАЦЬКА М.А., магістрантка гр. ТС-41м</i>	
<i>доц., к.т.н. Бутовський Л.С.</i>	
Перспективи розвитку вітрової енергетики в Україні.	131
<i>МАКІЄНКО Я.М., студент гр. ТС-41</i>	
<i>ст.викл. Сірий О.А.</i>	
Використання шахтного газу.	132
<i>МАРИСЮК Б.О., студент гр. ТС-42</i>	
<i>ст.викл. Сірий О.А.</i>	
Актуальність використання альтернативних газоподібних видів палива в паливно-енергетичному комплексі України.	133
<i>МЕЛЬНИЧЕНКО Т.В., аспірант</i>	
<i>доц., к.т.н. Абдулін М.З.</i>	
Особливості формування поля температур газів в стабілізаторних пальникових пристроях.	134
<i>МОРОЗ О.С., студент гр. ТС-21</i>	
<i>доц., к.т.н. Грановська О.О.</i>	
Мембранні методи очищення стічних вод.	135
<i>МОРОЗ М.В., магістрантка гр. ТС-41м</i>	
<i>проф., д.т.н. Кесова Л.О.</i>	
Технологія підземної газифікації вугілля.	136
<i>НАУМЕНКО Д.А., гр. ТС-41</i>	
<i>ст.викл. Сірий О.А.</i>	
Эффективное сжигание топлив с контролируемым химическим недожогом.	137
<i>ПАВЕЛКО Д.А., студент гр. ТС-21</i>	
<i>доц., к.т.н. Бутовський Л.С.</i>	
Шляхи заміщення рідкого моторного палива стиснутим і скрапленим газом.	138
<i>ПЕДЮРА В.Ю., студент гр. ТС-42</i>	
<i>асист. Шелешей Т.В.</i>	
Аварійність ТЕС при роботі в маневреному режимі.	139
<i>ПЕШКО В.А., аспірант; БЕДНАРСЬКА І.С., студентка гр. ТС-22</i>	
<i>проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Вичерпання ресурсу обладнання енергоблоків 300 МВт при роботі в маневреному режимі.	140
<i>ПЕШКО В.А., аспірант; МОРОЗ О.С., студент гр. ТС-21</i>	
<i>проф., д.т.н. Черноусенко О.Ю.</i>	
Еколого-емісійні характеристики пальників на основі струменево-нішевої технології спалювання.	141
<i>РЕДЬКА М.О., магістрант гр. ТС-51м; СІРИЙ О.А., ст.викл.</i>	
<i>доц., к.т.н. Абдулін М.З.</i>	142
Модернізація систем контролю та управління енергоблоків Київської ТЕЦ-5.	
<i>СВІНЦИЦЬКИЙ Д.О., студент гр. ТС-22</i>	
<i>ст.викл., к.т.н. Нікуленкова Т.В.</i>	
Плазмовий пальник для безмазутного розпалювання пиловугільного	143

котла.	
<i>СЕРЕДЕНКО П.А., магістрант гр. ТС-51м</i>	
<i>Керівник – проф., д.т.н. Кесова Л.О.</i>	
Піролізні котли.	144
<i>СМІЯН Б.С., студент гр. ТС-22</i>	
<i>ст.викл. Сірий О.А.</i>	
Особливості спалювання газів за стабілізатором в забаластованому окислювачі.	145
<i>СТАРЧЕНКО О.С., магістрант гр. ТС-51м</i>	
<i>доц., к.т.н. Грановська О.О.</i>	
Підвищення надійності роботи ступенів циліндра низького тиску турбіни на режимах часткового навантаження.	146
<i>СТОКАЛЬСЬКИЙ Е.Р., студент гр. ТС-22</i>	
<i>доц., к.т.н. Бутовський Л.С.</i>	
Прісна вода + морська вода = джерело енергії.	147
<i>ТИМЧЕНКО К.А., студентка гр. ТС-22</i>	
<i>ст.викл. Меренгер П.П.</i>	
Математическое моделирование структуры течения турбулентной струи в поперечном потоке при наличии пристроенной прямоугольной ниши.	148
<i>асист. Харченко А.А.</i>	
Особливості спалювання палив рослинного походження.	149
<i>ЦЕЛІНСЬКИЙ М.С., магістрант гр. ТС-51м</i>	
<i>Керівник – доц., к.т.н. Бутовський Л.С.</i>	
Решение вопроса энергоефективности и энергосбережения с помощью ТЭЦ.	150
<i>ШАДРИН К.А., студент гр. ТС-41</i>	
<i>асист. Шелешей Т.В.</i>	
Механізми стимулювання пропозиції на ринку енергії з біомаси.	151
<i>ШЕВЧУК О.В., магістрант гр. ТС-41м</i>	
<i>проф., д.т.н. Кесова Л.О.</i>	
Кологічний вплив на довкілля ТЕС, ГЕС та АЕС.	152
<i>ШКУТА Т.Ю., студентка гр. ТС-31</i>	
<i>асист. Шелешей Т.В.</i>	
Оптимізація гальмування мостового крану вугільних складів електростанцій.	153
<i>ЗБІТНЄВ П.В., аспірант Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля</i>	
<i>доц., к.т.н. Неженцев О.Б.</i>	
СЕКЦІЯ №4 Проблеми теоретичної і промислової теплотехніки	154
Промислові випробування системи утилізації тепла гвинтового компресора.	155
<i>БАРАБАШ В.П., аспірант</i>	
<i>проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i>	
Дослідження підігрівача повітря при кристалізації води в бурульках на нахилених насадках в пілотному апараті..	156
<i>ПОСТОЛЕНКО А.М., аспірант</i>	
<i>проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i>	
Тепло- і масообмін в контактних апаратах крапельного типу.	157
<i>РАЧИНСЬКИЙ А.Ю., мол. наук. співр.</i>	
<i>проф., д.т.н. Безродний М.К.</i>	

Струйно-нішева технологія спалювання, як метод підвищення ресурсу роботи енергетичного обладнання.	158
<i>ЕМІШЬЯН А.С., студент гр. ТП-31</i>	
<i>доц., к.т.н. Хавін С.О.</i>	
Утилізація продуктів життєдіяльності тваринницьких комплексів.	159
<i>КАРНАУХ О.О., студент гр. ТП-31</i>	
<i>Керівник – ст. викл. Голяд М.Н.</i>	
Воднева енергетика та перспективи її розвитку.	160
<i>ЛЮ ЯН, студент гр. ТП-42</i>	
<i>асист., к.т.н. Соломаха А.С.</i>	
Перспективи проведення досліджень краплинної конденсації.	161
<i>МІСЮРА Т.О., студент гр. ТП-31</i>	
<i>доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Порівняльна характеристика розбірних і паяних пластинчатих теплообмінників. Частина II . Паяні пластинчасті теплообмінники.	162
<i>МІСЮРА В.Р., студент гр. ТП-31; САЛІВОНІК Т.Ю., студент гр. ТП-31</i>	
<i>доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Особливості використання геотермального опалення.	163
<i>МІЩУК Є.А., студент гр. ТП-31</i>	
<i>доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Застосування сучасних теплообмінних апаратів в Україні.	164
<i>МАХРОВ М.А., студент гр. ТП-31</i>	
<i>доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Погодозалежне опалення житлових та громадських приміщень. Частина II. Експлуатаційні особливості.	165
<i>ОСЛОВСЬКИЙ С.О., студент гр. ТП-31; СОЛОГУБ А.І., студент гр. ТП-31</i>	
<i>доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Порівняльна характеристика розбірних і паяних пластинчатих теплообмінників. Частина I . Розбірні пластинчасті теплообмінники..	166
<i>САЛІВОНІК Т.Ю., студент гр. ТП-31; МІСЮРА В.Р., студент гр. ТП-31</i>	
<i>доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Актуальність використання сонячних батарей в Україні.	167
<i>СЕМЕНЮК М.І., студент гр. ТП-31</i>	
<i>доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Погодозалежне опалення житлових та громадських приміщень. Частина I. Регулювання температури опалення.	168
<i>СОЛОГУБ А.І., студент гр. ТП-31; ОСЛОВСЬКИЙ С.О., студент гр. ТП-31</i>	
<i>доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Ефект Магнуса та його практичне використання.	169
<i>У ЦЗУНЬЯНЬ, студент гр. ТП-42</i>	
<i>доц., к.т.н. Барабаш П.О.</i>	
Оцінка ефективності переривчастого опалення громадських будівель.	170
<i>ІВАНЕНКО Д.О., студент гр. ТП-22</i>	
<i>доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Канальні установки систем вентиляції будівель.	171
<i>БОЯНІВСЬКИЙ В.П., студент гр. ТП-21</i>	
<i>доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Аналіз сектору централізованого тепlopостачання країн Європейського Союзу.	172
<i>ГЕЛЕТУХА С.Г., студент гр. ТП-22</i>	
<i>доц., к.т.н. Назарова І.О.</i>	
Оптимальні умови роботи теплонасосних систем опалення з	173

використанням акумульованої теплоти у ґрунті.	
<i>ГОБОВА М.О., студент гр. ТП-21; ПРИТУЛА Н.О., асист., к.т.н. проф., д.т.н. Безродний М.К.</i>	
Позонний тепловий розрахунок топкової камери.	174
<i>ГОБОВА М.О., студент гр. ТП-21 доц., к.т.н. Хавін С.О.</i>	
Льодяна огорожа з повітряними прошарками для буферної зони будівлі з використанням теплоти кристалізації води.	175
<i>ЖИВИЦЯ К.О., студент гр. ТП-22 проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i>	
Модернізація існуючої котельні з використанням контактного теплогенератора КАОМ.	176
<i>ОЧЕРЕТЯНКО М.Д., студент гр. ТП-21; КАСЯНЧУК С.Л., студент гр. ТП-51м проф., д.т.н. Варламов Г.Б.</i>	
Методика наближеного розрахунку температури вологого термометра.	177
<i>ОЧЕРЕТЯНКО М.Д., студент гр. ТП-21 доц., к.т.н. Мінаковський В.М.</i>	
Сухі методи десульфуризації димових газів при шаровому спалюванні вугілля у водогрійному котлі малої потужності.	178
<i>ГОРБУНОВ А.О. магістр гр. ТП-51м доц., к.т.н. Хавін С. О.</i>	
Переведення системи опалення на альтернативне паливо.	179
<i>КАСЯНЧУК С.Л., магістр гр. ТП-51м; ОЧЕРЕТЯНКО М.Д., студент гр. ТП-21 проф., д.т.н. Варламов Г.Б.</i>	
Виготовлення та використання оребрених з середини льодяних труб.	180
<i>КИЯШКО Д.Ю., магістр гр. ТП-51м проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i>	
Математична модель неізотермічної фільтрації в циркуляційних системах.	181
<i>КРАВЧУК О.М., магістр гр. ТП-51м доц., к.т.н. Фуртат І.Е.</i>	
Контактний тепломасообмінний апарат з насадкою.	182
<i>МОРГУН Р.В., магістр гр. ТП-51м доц., к.т.н. Назарова І.О.</i>	
Енергозбереження в опалювальних водогрійних котельнях.	183
<i>ПЕРЕВЬОРТКІНА І.Я., магістр гр. ТП-51м доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Про ефект Марангоні при краплинній конденсації.	184
<i>ШЕВЧЕНКО О.М., магістр гр. ТП-51м доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Розробка та дослідження генератора пароповітряної суміші барботажного типу для циклового повітря ДВЗ.	185
<i>ШУМЧЕНКО В.В., магістр гр. ТП-51м; СОЛОМАХА А.С., асист., к.т.н. доц., к.т.н. Барабаш П.О.</i>	
Особливості утворення виступів на бурульках і льодяних утвореннях (гірляндах) на вертикальних і нахилених насадках.	186
<i>БАБІЙ В.М., магістр гр. ТП-41м проф., д.т.н. Пуховий І.І.</i>	
Віртуальна лабораторна робота для дослідження процесу сушіння капілярно-пористого матеріалу.	187

<i>БИСТРАНІВСЬКИЙ В.Ю., магістр гр. ТП-41м</i> <i>доц., к.т.н. Мінаковський В.М.</i>	
Моделювання ежектора.	188
<i>ВЛАДОВИЧ І.А., магістр гр. ТП-41м</i> <i>доц., к.т.н. Камаєв Ю.М.</i>	
Бінарний цикл холодильної установки та його ефективність.	189
<i>ВЛАДОВИЧ І.А., магістр гр. ТП-41м</i> <i>доц., к.т.н. Барабаш П.О.</i>	
Про інтенсифікацію теплообміну із застосуванням наноречовин.	190
<i>ГАЛЬЧЕНКО І.В., магістр гр. ТП-41м</i> <i>доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Моделювання температурного режиму кімнати з теплою підлогою у SolidWorks.	191
<i>ГРИГОРЧУК М.С., магістр гр. ТП-41м</i> <i>доц., к.т.н. Камаєв Ю.М.</i>	
Температурний режим кімнати з теплою підлогою.	192
<i>ГРИГОРЧУК М.С., магістр гр. ТП-41м</i> <i>доц., к.т.н. Фуртат І.Е.</i>	
Про аналогію механізму процесів кипіння-конденсації.	193
<i>ЗАТІРКА Н.О., магістр гр. ТП-41м</i> <i>доц., к.т.н. Гавриш А.С.</i>	
Енергетична ефективність обпалення алюмінієвих електролізерів.	194
<i>НАВОЗЕНКО А.П., магістр гр. ТП-41м</i> <i>доц., к.т.н. Боженко М.Ф.</i>	
Дослідження процесів розподілу припливного повітря в закритому плавальному басейні у спекотний період року.	195
<i>СЕРГІЄНКО І.В., магістр гр. ТП-41м; КАМАЄВ Ю.М., доц., к.т.н.</i> <i>проф., д.т.н. Безродний М.К.</i>	
Термодинамічна ефективність теплонасосних систем кондиціювання повітря з використанням камери змішування в закритому басейні в спекотний період року.	196
<i>СЕРГІЄНКО І.В., магістр гр. ТП-41м; КУТРА Д.С., к.т.н., асист.</i> <i>проф., д.т.н. Безродний М.К.</i>	
Аеродинамічні та екологічні особливості теплових процесів у контактному теплогенераторі.	197
<i>ФЕТИСЕНКО О.С., студент гр. ТП-41м</i> <i>РОМАНОВА К.О., асистент кафедри ТПТ</i> <i>проф., д.т.н. Варламов Г.Б.</i>	
Дослідження руху газів на моделі мартенівської печі.	198
<i>ХРИСТЮК І.М., магістр гр. ТП-41м</i> <i>доц., к.т.н. Хавін С.О.</i>	
Heat recovery effectiveness simulation in ventilation systems.	199
<i>NGUEN V., master student OT-41м; SUKHODUB I.O., ст. викл., к.т.н. ІЕЕ НТУУ «КПІ»</i> <i>Scientific advisor - prof., Dr. Sc. Deshko V.I.</i>	
Програмне середовище EnergyPlus для моделювання енергоспоживання будівель.	200
<i>ЯЦЕНКО О.І., магістр гр. ОТ -51м; СУХОДУБ І.О., ст. викл., к.т.н. ІЕЕ НТУУ «КПІ»</i> <i>проф., д.т.н. Дешко В.І.</i>	
Аналіз факторів впливу на стан енергоефективності України.	201
<i>ТРАЧУК А.Р., аспірант ІЕЕ НТУУ «КПІ»</i>	

<i>проф., д.т.н. Розен В.П.</i>	
Побудова оптимального енергобалансу країни шляхом енергетичного моделювання.	202
<i>ТРАЧУК А.Р., аспірант ІЕЕ НТУУ «КПІ»</i>	
<i>проф., д.т.н. Розен В.П.</i>	
Моделювання переривчастого опалення будівель.	203
<i>БІЛОУС І.Ю., аспірант; ЖИЖА М.І., магістр гр. ОТ-41м ІЕЕ НТУУ «КПІ»</i>	
<i>проф., д.т.н. Дешко В.І.</i>	
Очистка міських стічних вод.	204
<i>КУНЬ О.В., магістр гр. ОТ-51м ІЕЕ НТУУ «КПІ»</i>	
<i>доц., к.т.н. Шкляр В.І.</i>	

Показчик авторів докладів

- Deshko V.I., 210, 218
Nguen V. 210
Sukhodub I.O., 210
Абдулін М.З., 134, 144, 218
Анісімова А.А., 74
Бабій В.М., 196
Барабаш В.П., 158
Барабаш П.О., 174, 195, 218
Баранюк О.В., 79, 84, 218
Баскова О.О., 75
Башкір І.С., 114
Беднарська І.С., 116, 140
Безродний М.К., 65, 178, 205, 207, 218
Белих Д.О., 6
Белов О.П., 7
Бистранівський В.Ю., 197
Бібік Т.В., 14, 16, 37, 40, 55, 69, 218
Бідун А.В., 8
Бобер М.О., 76
Богорад В.І., 22
Боженко М.Ф., 175, 176, 192, 204, 218
Бондар В. А., 77
Боянівський В.П., 176
Бутовський Л.С., 131, 138, 149, 152, 218
Варламов Г.Б., 182, 186, 208, 218
Васильєва Н.К., 118
Верещинський А.М., 119
Веселов Є.В., 9
Вовчина Ю.О., 120
Воробйов М.В., 99, 100, 218
Воропаєв Г.А., 86, 218
Воропаєв Г.О., 75, 218
Гавриш А.С., 164, 166, 167, 168, 170, 172,
173, 194, 200, 203, 218
Гальченко І.В., 200
Гарань О.В., 11
Гашимов А.М., 48, 53, 54, 58, 64, 218
Гелетуха С.Г., 177
Герштун О.М., 12
Гетманчук Г.О., 111
Глушко А.В., 13
Гнедіков Б.Б., 95
Гобова М.О., 178, 180
Голіяд М.Н., 162, 218
Гончарук С.М., 83, 218
Горбань К.С., 96
Горський В.В., 121
Горяженко В.Ю., 122
Грановська О.О., 129, 135, 148, 152, 218
Гриб Є.П., 97
Григорчук М.С., 201, 202
Грязев Д.С., 98
Губенко О.О., 112
Гудов М.І., 123
Гуров Д.І., 78
Дегтяр С.О., 14
Демидюк В.Г., 15
Дешко В.І., 79, 212, 216, 218
Добровольський М.С., 113
Дорофій П.С., 126
Дудар І.Ю., 16
Емішьян А.С., 161
Євлахович Г.Ю., 17
Живиця К.О., 181
Жижа М.І., 216
Задвернюк В.В., 79
Задорожня А.О., 127
Збітнев П.В., 156
Іваненко Д.О., 175
Іванюк О.В., 18
Іващенко Д.С., 128
Кайдик Б.В., 19
Калита І.А., 20
Камаєв Ю.М., 182, 201, 205, 218
Канський О.М., 21
Карнаух О.О., 162
Касянчук С.Л., 182, 186
Квасневський А.С., 129
Кесова Л.О., 154, 218
Кирик І.М., 100
Кириленко Ю.О., 22
Кияшко Д.Ю., 188
Кірдей Ю.В., 23
Клевцов С.В., 35, 50, 218
Клепацький В.С., 24
Кобилянський В.Ю., 101
Ковальчук В.А., 130
Козак Д.В., 81, 82
Кокарев І.О., 26
Кондратюк В.А., 5, 6, 38, 61, 67, 70, 218
Кондрацька М.А., 131
Константинов С.М., 111, 112, 113, 218
Коньшин В.І., 9, 17, 30, 31, 47, 49, 65, 71,
218
Косяк П.С., 28
Косячков О.В., 102, 106, 218
Кошелюк А.О., 29
Кравец В.Ю., 76, 86, 218
Кравец В.Ю., 7, 29, 78, 89, 218
Кравчук О.М., 190
Красота Д.О., 83
Крот М.В., 31

Кунь О.В., 217
 Кутра Д.С., 207
 Лебедь Н.Л., 10, 85, 90, 94, 218
 Лещенко Б.Ю., 8, 218
 Липницький А.М., 32
 Лімаз С.С., 33
 Лю Ян, 163
 Лютов А.О., 35
 Лютов С.О., 36
 Макарчук Ю.О., 84
 Маліновська А.М., 85
 Махров М.А., 167
 Мельник Н.І., 34
 Мельник О.А., 88
 Мельник Р.С., 86, 87
 Мельниченко Т.В., 134
 Меренгер П.П., 118, 150, 218
 Мінаковський В.М., 184, 197, 218
 Місюра В.Р., 165, 170
 Місюра Т.О., 164
 Міхеєв Д.М., 37
 Міщук Є.А., 166
 Мовчан Ю.С., 38
 Моргун Р.В., 191
 Мордас Р.В., 89
 Мороз М.В., 136
 Мороз О.С., 135, 142
 Муха В.В., 39
 Навоженко А.П., 204
 Назарова І.О., 177, 191, 218
 Напреєнко В.А., 102
 Науменко Д.А., 137
 Нечипорук О.П., 5
 Неженцев О.Б., 156, 218
 Николаенко Ю.Е., 87, 218
 Ніколаенко Ю.Є., 81, 218
 Нікуленкова Т.В., 120, 123, 130, 145, 218
 Новаківський Е.В., 27, 218
 Новаківський Є.В., 107, 218
 Носовський А.В., 18, 22, 39, 43, 44, 218
 Овдієнко Ю.М., 25, 26, 33, 218
 Олексійовець Н.Г., 90
 Орехов А.Ю., 40
 Ословський С.О., 168, 173
 Остапенко І.А., 20, 34, 41, 218
 Очеретянко М.Д., 182, 184, 186
 Павелко Д.А., 138
 Педюра В.Ю., 139
 Перевьорткіна І.Я., 192
 Пешко В.А., 140, 142
 Письменний Є.М., 4, 218
 Підгаєцький Т.В., 44
 Піцина І.Г., 91, 218
 Погонєць О.С., 43
 Подолян А.А., 91
 Поліщук С.М., 45
 Постоленко А.М., 159
 Припула Н.О., 178
 Пуховий І.І., 181, 188, 196, 218
 Рачинський А.Ю., 160
 Регіда С.О., 103
 Редька М.О., 144
 Риндюк Д.В., 128, 218
 Рогачов В.А., 15, 19, 21, 24, 63, 97, 101, 104, 108, 218
 Розум Т.В., 93
 Романова К.О., 208
 Салівоник Т.Ю., 165, 170
 Сахно О.В., 11, 13, 23, 28, 32, 42, 46, 218
 Свінцицький Д.О., 145
 Семенюк М.І., 172
 Семеняко О. В., 77
 Серафим Р.І., 57, 60, 218
 Сергієнко І.В., 205, 207
 Середенко П.А., 146
 Сірий О.А., 124, 137, 144, 147, 218
 Сміян Б.С., 147
 Совпенко В.С., 52
 Сокол Р.М., 104
 Соловійов В.В., 4
 Сологуб А.І., 168, 173
 Соломаха А.С., 163, 195, 218
 Старченко О.С., 148
 Сташевський С.С., 53
 Стефанович О.О., 54
 Стокальський Е.Р., 149
 Стратілат Д.П., 55
 Суходуб І.О., 212
 Тарановський А.Ю., 105
 Терех О.М., 114, 218
 Тимченко К.А., 150
 Тишко О.Ю., 106
 Третяк А.О., 58
 Трофименко О.Р., 59
 Туз В.О., 62, 95, 96, 98, 103, 218
 У Цзунянь., 174
 Фетісенко О.С., 208
 Філатов В.І., 12, 36, 45, 105, 218
 Філінюк О.В., 71
 Філонов В.В., 61, 62
 Фуртат І.Е., 190, 202, 218
 Хавін С.О., 161, 180, 185, 209, 218
 Хайрнасов С.М., 82, 88, 218
 Харченко А.А., 151, 218

Христюк І.М., 209
Целінський М.С., 152
Цемах О.А., 63
Чаплигін О.О., 94
Черкасов О.А., 64
Черноусенко О.Ю., 110, 114, 116, 122,
123, 125, 140, 142, 218
Чернюк О.О., 65
Шадрин К.А., 153
Шевель Є.В., 73, 74, 92, 93, 218
Шевченко О.М., 194
Шевчук О.В., 154
Шелешей Т.В., 127, 139, 153, 155, 218

Шепетько О.Р., 67
Шишута А.М., 68
Шкляр В.І., 217, 218
Шкута Т.Ю., 155
Шмаюн М.В., 107
Шрайбер О.А., 119, 218
Шумченко В.В., 195
Яворський А.О., 69
Якимчук М.О., 110
Янушевський В.А., 108
Яценко М.В., 70
Яценко О.І., 212

XIV Міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів і студентів „Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики”. Тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів. Том 1.

За помилки та тематику тезів доповідей відповідають автори.

м. Київ, 18-21 квітня 2016 року.

Издательство????, 2016.- ???? с.