

Имя пользователя:
Баранюк Александр Володимирович

ID проверки:
1011545026

Дата проверки:
11.06.2022 10:44:19 EEST

Тип проверки:
Doc vs Internet + Library

Дата отчета:
11.06.2022 10:47:06 EEST

ID пользователя:
100007114

Название файла: TYA81-HEA-diplom

Количество страниц: 39 Количество слов: 6383 Количество символов: 48080 Размер файла: 790.21 KB ID файла: 1011417209

Обнаружены модификации текста (могут влиять на процент совпадений)

21.3% Совпадения

Наибольшее совпадение: 6.78% с источником из Библиотеки (ID файла: 5975967)

2.3% Источники из Интернета 85 Страница 41

20.7% Источники из Библиотеки 189 Страница 41

0% Цитат

Исключение цитат выключено

Исключение списка библиографических ссылок выключено

0% Исключений

Нет исключенных источников

Модификации

Обнаружены модификации текста. Подробная информация доступна в онлайн-отчете.

Замененные символы 71

Подозрительное форматирование 6 страниц

3 ОСНОВНІ ЗАХОДИ ПО УПРАВЛІННЮ СТАРІННЯМ ОБЛАДНАННЯ ЕНЕРГОБЛОКУ АЕС З РЕАКТОРОМ ВВЕР-1000. РОЗРОБКА ПЕРЕЛІКУ КРИТИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

3.1 Актуальність

В Україні на даний момент знаходяться в експлуатації 15 енергоблоків (на Запорізьській, Рівенській, Хмельницькій та Южно-Українській АЕС). 12 з них вже відпрацювали проектні ресурси, тому вкрай необхідно продовжити їх експлуатацію. Для безпечного експлуатування цих енергоблоків потрібно забезпечити і підтримати необхідні ресурс і технічний стан основних їх компонентів.

Подовження експлуатації енергоблоків в строки понад проект з підтримкою ресурсу та технічного стану можливе за рахунок заміни окремих компонентів. Проте є деякі компоненти які є невідновлюваними, незамінними елементами або елементами, заміна яких потребує значних фінансових витрат. Ці компоненти називаються критичними елементами та складають “Перелік критичних елементів”.

До прикладу, корпус реактора практично неможливо замінити, адже потрібно перебудувати реакторне відділення. Проте, якщо взяти до уваги елементи, не важливі для безпеки, такі як турбіна, то для її демонтажу потрібно виділити приблизно 7 місяців [1] і близько такого ж часу ще на її встановлення, що в спільній сумі складає півтора роки. Отже, такі дії є економічно не доцільно. Тому для надійної роботи таких критичних елементів необхідно виконувати ряд заходів, щоб забезпечити їх ресурс і технічний стан. Такі заходи провадяться в межах комплексної діяльності, яка називається управління старінням.

Управління старінням енергоблоку є комплекс технічних і організаційних заходів, спрямованих на підтримку ресурсу і забезпечення технічного стану елементів енергоблоку АЕС, що будуть знаходитись в експлуатації, в першу чергу критичних елементів .

3.2 Перелік критичних елементів енергоблоку

У зв'язку з вищесказаними підходами і аналізом можна сформулювати наступний перелік критичних елементів енергоблоку.

Переліки елементів енергоблоку розробляються на підставі діючих класифікаторів елементів енергоблоку за впливом на безпеку, за даними проектно-конструкторської документації, монтажних та експлуатаційних схем, паспортів та іншої технічної та експлуатаційної документації [2].

При складанні в «Переліку критичних елементів енергоблоку» необхідно:

- виконати оцінку технічного стану та обґрунтувати можливість їх експлуатації у надпроектний термін. Елементи у цьому переліку групуються за їх впливом на безпеку (1, 2, 3 клас) та не впливають на періоду безпеку (4 клас);
- Провести техніко-економічний аналіз та порівняльну оцінку варіантів : заміни елемента та проведення комплексу заходів спрямованих на забезпечення надійної експлуатації елемента впродовж всього плануємого строку.

"Перелік критичних елементів енергоблоку" повинен складатися з двох частин:

Перша частина «Переліку критичних елементів енергоблоку» повинна включати елементи, віднесені чинним класифікатором до 1, 2-го та 3-го класів безпеки, і які є невідновлюваними, незамінними елементами або елементами, заміна яких потребує значних фінансових витрат.

Рекомендований список елементів для включення в першу частину «Переліку критичних елементів енергоблоку» наступний [2]:

Тепломеханічне обладнання та трубопроводи:

- корпус реактора;
- верхній блок реактора з патрубками САЗ (система аварійного захисту);

- внутрішньокорпусні пристрої реактора;
- компенсатор тиску;
- парогенератори;
- теплообмінники;
- судини;
- арматура (ШЗВК (швидкодіючий запірно-відсічний клапан) та інша арматура, заміна якої економічно не доцільна);
- насоси;
- трубопроводи з опорами та підвісками.

Електричне обладнання:

- силові та контрольні кабелі (вказуються межі кабелю, що обстежується).

Елементи систем контролю та управління:

- силові та контрольні кабелі (вказуються межі кабелю, що обстежується).

Будівлі та споруди, будівельні конструкції:

- будівельні конструкції системи герметичної огорожі;
- основу реакторного відділення;
- шахта реактора;
- стіни та перекриття реакторного відділення;
- фундаменти, заставні деталі та елементи розкріплення (включаючи гідроамортизатори) обладнання 1 та 2-го класів;
- басейн витримки з усіма елементами;
- будівлі, що містять СВБ (системи, важливі для безпеки);
- транспортно-технологічне обладнання (машина перевантажувальна, мостовий кран реакторного залу тощо);
- стелажі басейну витримки.

Друга частина «Переліку критичних елементів енергоблоку» повинна включати елементи нормальної експлуатації, що не впливають на безпеку, і які є невідновлюваними, незамінними елементами або елементами, заміна яких потребує значних фінансових витрат.

Рекомендований склад елементів для включення в другу частину «Спеціального переліку елементів» наступний [2]:

Тепломеханичне обладнання АЕС:

- турбоустановка з конденсатором;
- судини 4 класу безпеки;
- трубопроводи з опорами та підвісками 4 класу безпеки;
- насоси 4 класу безпеки.

Електротехнічне обладнання:

- турбогенератор;
- силові трансформатори.

Будівельні будівлі та конструкції:

- будівлі, що містять системи нормальної експлуатації, що не впливають на безпеку.

3.3 Мета проведення робіт з управління старінням елементів енергоблоку АЕС

Метою проведення робіт з управління старінням елементів енергоблоку АЕС є забезпечення необхідного рівня безпеки протягом терміну експлуатації енергоблоку (у тому числі надпроектного), а також досягнення максимальної ефективності його експлуатації шляхом організації виконання заходів, спрямованих на своєчасне виявлення та підтримання у прийнятних межах деградації, викликані старінням елементів, для гарантії впевненості у їхній цілісності та працездатності. Результатом такої діяльності є розробка та впровадження технічно та економічно доцільних заходів, спрямованих на попередження відмов елементів енергоблоку АЕС з причин, спричинених процесами старіння, що відбуваються у цих елементах.

Управління старінням елементів енергоблоку ґрунтується на таких основних роботах [3]:

- розробка станційних програм управління старінням елементів енергоблок;
- розробка переліку елементів енергоблоку, що підлягають управлінню старінням;
- оцінка ТС (технічний стан) елементів енергоблоку;

- виявлення та вивчення процесів старіння елементів енергоблоку;
- перепризначення ресурсу елементів енергоблоку;
- розробка та впровадження заходів щодо пом'якшення процесів старіння;
- розробка та впровадження моніторингу процесів старіння елементів енергоблок;
- підтримання надійності елементів відповідно до вимог технічної документації;
- порівняння витрат на зняття елементів з експлуатації та заміну їх на нові із витратами на продовження експлуатації;
- своєчасна заміна елементів блоку, які вичерпали свій ресурс;
- проведення кваліфікації елементів;
- документування та створення ефективної інформаційної системи керування старінням елементів енергоблоку.

Наявність повної інформації про елементи (системи) енергоблоку АЕС, їх деградації внаслідок старіння та вплив цієї деградації на працездатність елементів (систем) є основою та необхідною умовою для системного керування старінням.

1.4 Систематизація процесу керування старінням



Мал. 3.1. Систематичний процес управління старінням [3, с.268]

МАГАТЕ має загальні рекомендації щодо управління старінням елементів. Отже, загальна методика цих дій повинна відповідати цим рекомендаціям. Управління старіння критичних елементів організовується як процес, який адаптує цикл Демінга [3] “Планування – Здійснення – Перевірка – Дія” до управління старіння елементів енергоблоку (мал. 3.1)

3.4.1 Безпека, як основний фактор, що визначає прийняті рішення та обсяги виконуваних робіт з управління старінням

Ефективність застосовуваних методів та засобів контролю ТС елементів енергоблоку має бути достатнім для ідентифікації та своєчасного виявлення їхньої деградації.

Безпека має бути основним фактором, що визначає прийняті рішення та обсяги виконуваних робіт з управління старінням елементів енергоблоку АЕС. Залежно від ступеня впливу елементів на безпеку повинні застосовуватись різні вимоги до [3, с. 269]:

- обсягу, способів та методик проведеної оцінки ТС елементів енергоблоку АЕС;
- прогнозування надійності елементів;
- методів виявлення деградації та встановлення механізмів старіння елементів;
- розроблення заходів щодо придушення процесів старіння;
- обґрунтування необхідності проведення заміни, модернізації або ремонту елементів.

Управління старінням елементів має проводитись згідно з вимогами типової ПУС. Номенклатура елементів має бути визначена у "Переліку елементів, що підлягають управлінню старінням", який складається відповідно до вимог розділу 4 типової ПУС (програма управління старінням) та уточнюється за результатами

оцінки ТС та перепризначення ресурсу елементів. "Перелік елементів, що підлягають управлінню старінням", складається для кожного енергоблоку АЕС.

Оцінка ТС та перепризначення ресурсу критичних елементів здійснюється відповідно до типових програм, для інших елементів енергоблоку - у рамках технічного обслуговування та ремонту.

"Перелік критичних елементів" складається відповідно до вимог типової ПУС для кожного енергоблоку АЕС.

За результатами оцінки ТС елементів енергоблоку мають бути визначені [3]:

- перелік складових частин елементів, які планується замінити на зв'язку з вичерпанням ресурсу та роботи з їх заміни;
- перелік елементів, що підлягають управлінню старінням;
- показники надійності елементів, значення для яких спочатку не були встановлені у заводській (конструкторській) документації.

На підставі виконаних оцінок ТС елементів складаються висновки про їх технічний стан.

На енергоблоці має здійснюватися постійний моніторинг процесів старіння, ТС, а також проводиться періодична їх оцінка з метою визначення ефективності управління старінням та перепризначення ресурсу елементів енергоблоку.

Наявність повної та всебічної інформації про стан елементів енергоблоку, їх деградації внаслідок старіння та вплив цієї деградації на працездатність елементів енергоблоку є основною та необхідною умовою для систематичного процесу управління старінням. Така інформація повинна включати проектно-конструкторські та заводські дані, результати випробувань та вимірювань, а також відомості про стан експлуатації, технічне обслуговування та ремонти [3].

3.4.2 Розробка та реалізація організаційно-технічних заходів (види старіння)

Управління старінням та ПТС (призначений термін служби) елементів АЕС передбачає розробку та реалізацію організаційно-технічних заходів, спрямованих на зменшення процесів зносу та старіння для збільшення ЗР (залишковий ресурс).

Компенсуючі заходи щодо управління старінням та ПТС елементів АЕС (у тому числі щодо заміни та модернізації) можна умовно розділити на дві групи - заходи з управління процесами старіння та деградації та заходи щодо перепризначення недостатньо обґрунтованих та/або надмірно консервативних проектних вимог до критеріїв оцінки та визначальним параметрам ТС та ЗР.

При створенні компенсуючих заходів першої умовно виділеної групи з управління старінням елементів АЕС необхідно враховувати, що у процесі експлуатації всі системи та елементи АЕС схильні до деградації, тобто. швидкого або поступового погіршення характеристик, що може знизити їхню здатність до функціонування в проектних межах. Деградація призводить до пошкоджень або відмов елементів, що зрештою може обмежити їх ресурс. У широкому значенні старіння елементів може бути як "фізичним", так і "моральним". Під терміном "старіння" доцільно розуміти загальний процес, у якому характеристики систем чи елементів поступово змінюються з часом.

Зазвичай розрізняють такі види старіння [3]:

- природне старіння - старіння елементів, що відбувається в передексплуатаційних та експлуатаційних умовах, включаючи умови, спричинені помилкою персоналу;
- нормальне старіння - природне старіння елементів, обумовлене безпомилковими передексплуатаційними чи експлуатаційними умовами;
- штучне старіння - моделювання ефектів природного старіння елементів шляхом використання стресорів, що імітують передексплуатаційні та експлуатаційні умови;
- передчасне старіння - ефекти старіння елементів, що виникають раніше, ніж очікувалося, через помилки або передексплуатаційні або експлуатаційні умови, в явному вигляді не враховані в проекті;
- прискорене старіння - штучне старіння, у якому імітація природного старіння наближає в короткий час ефекти старіння від більш тривалі умови роботи.

Старіння елементів відбувається в результаті дії експлуатаційних умов, які включають як зовнішні умови (хімічні та фізичні фактори, що впливають на властивості матеріалів, наприклад температура, середовище тощо), так і

функціональні умови (навантаження в процесі експлуатації та випробувань, вібрація і т.д.).

3.4.3 Стресори, механізми старіння та їх класифікація

Експлуатаційні умови створюють стресори. Поняття "стрессор" є дуже важливим у методології управління старінням АЕС. Стрессор - це спонукальний чинник, викликаний передексплуатаційними чи експлуатаційними умовами і може призвести до швидкої деградації елемента чи деградації, обумовленої старінням. Прикладами стресорів є тиск, температура, радіаційне випромінювання, вологість, хімічні реактиви, вібрація, сейсмічне вплив, електрична та механічна циклічність. Стресори умовно поділяють на такі типи [3]:

- звичайні стресори - відбуваються за нормальних умов експлуатації та зумовлюють природні ефекти та механізми старіння елементів;
- стресори, зумовлені помилкою - походять з умов, створених помилкою персоналу і можуть призвести до швидкої або поступової деградації, обумовленої старінням (понад звичайних стресорів);
- стресори, зумовлені проектною подією, - відбуваються при проектні події можуть призвести до швидкої або поступової деградації, обумовленої старінням (понад звичайних стресорів).

Внаслідок впливу стресорів у матеріалах елементів ініціюються різні фізичні, хімічні та інші процеси на мікро- або макроскопічний рівень. Тому механізм старіння - це процес, який поступово змінює характеристики елементів у часі або внаслідок використання за призначенням. Типовими прикладами механізмів старіння є знос, втома, повзучість, ерозія, мікробіологічне засмічення, корозія, хрущення, хімічні або біологічні реакції та ін.

Механізми старіння можна класифікувати на такі категорії [3]:

- механізми старіння, що впливають на внутрішню мікроструктуру або хімічний склад матеріалів та змінюють властиві їм властивості (теплове старіння, повзучість, радіаційне хрущення);

- механізми старіння, що викликають фізичні ушкодження елементів або за рахунок втрати матеріалу (корозія, знос), або за рахунок розтріскування або деформування (корозія під напругою, релаксація напруги).

Наслідками впливу механізмів старіння на елементи є ефекти старіння - результуючі зміни характеристик елементів, які сталися згодом у процесі експлуатації та які зумовлені відповідними механізмами старіння.

За наявності кількох стресорів виникають одночасні ефекти старіння - комбінований результат одночасної дії стресорів. У разі зазвичай розрізняють такі типи ефектів старіння [3]:

- комбіновані ефекти - результуючі зміни характеристик елемента, спричинені двома чи більше стресорами;
- синергетичні ефекти - частка змін характеристик елемента, обумовлених взаємодією одночасно діючих стресорів, на відміну від тих змін, які обумовлені накладенням незалежних дій кожного їх.

Для забезпечення ефективного управління старінням елементів енергоблоку АЕС та поширення результатів управління старінням його елементів як на інші енергоблоки даної АЕС, так і на енергоблоки інших АЕС галузі повинні збиратися та обробляти всі дані, важливі для керування старінням елементів енергоблоку. З цією метою має бути розроблено відповідну автоматизовану інформаційну систему управління старінням (далі - інформаційна система). Інформаційна система повинна забезпечувати інформаційну підтримку наступних основних функцій у рамках управління старінням елементів енергоблоку АЕС [3]:

- аналіз проектно-конструкторської, експлуатаційної, ремонтної документації, історії експлуатації та ремонту елементів;
- моніторинг процесів старіння та ТС;
- оцінку ТС елементів та прогноз їх зміни по відношенню до функцій безпеки внаслідок старіння;
- розроблення технічних та організаційних заходів для стримування деградації елементів енергоблоку внаслідок їх старіння;
- створення ефективного збору даних щодо елементів та ведення обліку цих даних;

- планування, облік та контроль робіт з управління старінням елементів;
- ведення звітності з управління старінням;
- оцінку ефективності діяльності з управління старінням на основі індикаторів ефективності;
- обмін та надання інформації про управління старінням однорідних елементів енергоблоків АЕС галузі.

3.4.4 Інформаційна система

В інформаційній системі повинна збиратися та зберігатися інформація, що містить проектні дані (включаючи нормативні та регулюючі вимоги), дані щодо конструювання та виготовлення (включаючи властивості застосованих матеріалів та необхідні умови експлуатації), дані по історії експлуатації та технічного обслуговування, результати контролю та науково-дослідницьких робіт.

До бази даних інформаційної системи повинні вноситися такі відомості [3]:

- для вивчення старіння елементів матеріали та їх властивості: стресори та умови експлуатації, механізми старіння, зони деградації, наслідки деградації.
- при заміні на однорідне обладнання: тип елемента, призначення, диспетчерське найменування елемента, дата заміни елемента, призначені ресурсні показники та відомості про надійність замінного обладнання.
- для елементів, яким ресурс встановлюється проведенням капітального ремонту: перелік елементів, вид проведеного ремонту, назва ремонтної документації, на підставі якої було виконано ремонт, терміни та види наступних ремонтів, які мають проводитись з метою подальшого продовження ресурсу елементів.
- для елементів, яким було проведено модернізацію та/або реконструкцію: перелік та строки виконаних робіт; перелік складових частин елементів, що були модернізовані, їх тип та призначення; призначені показники та відомості про надійність після модернізації та/або реконструкції елементів; документація, на підставі якої було виконано роботи.

- для елементів, яким було встановлено нові призначені показники ресурсу/терміну служби: перелік елементів, їх тип та диспетчерське найменування; призначення елементів; нові призначені показники ресурсу/строку служби елементів; перелік документації, на підставі якої було прийнято рішення з перепризначення показників ресурсу/строку служби елементів; відомості про прийняті рішення про особливі умови експлуатації елементів, прийнятих за результатами проведення робіт з обстеження їхнього стану; результати технічних обслуговувань та ремонтів елементів; результати проведених випробувань елементів та оцінки їх ТС у процесі та після випробувань; результати аналізу інформації про надійність елементів протягом первинно встановлених та продовжених призначених показників.

Інформаційна система має забезпечувати накопичення наступних експлуатаційних даних щодо елементів для реалізації управління їх старінням [3]:

- режими роботи елементів; ресурсні характеристики;
- напрацювання елементів;
- цикли навантаження та спрацьовування елементів;
- дефекти та відмови;
- результати контролю стану металу елементів;
- результати технічного огляду елементів;
- дані, отримані за результатами планових ремонтів елементів (виявлені ушкодження, їх причина, що компенсують заходи тощо).

3.4.5 Критерії оцінки працездатності елемента енергоблоку

Критерії оцінки працездатності елемента енергоблоку з необхідною надійністю на запланований термін експлуатації встановлюються на основі сукупності наявної інформації про ТС елемента енергоблоку АЕС, оціненого за визначальними параметрами та досягнення ними граничного значення, що відповідає граничному стану елемента.

При виборі критеріїв оцінки працездатності елемента та методів прогнозування його ТС у період, що продовжується, необхідно враховувати критерії граничних

станів елемента і параметри, що характеризують зміну механізму старіння; досягнення цими параметрами критичного значення вважається досягнення елемента граничного стану.

У разі неможливості визначення вищевикладених умов, має бути прийняте рішення про критерії та способи підтвердження працездатності елемента на основі аналізу наявної інформації з експлуатації елемента або його аналогів.

Вибір критеріїв та способів для перепризначення ресурсу елемента має передбачати відповідні методи безперервного чи дискретного контролю визначального параметра (параметрів) старіння.

Можуть застосовуватися спрощені способи оцінки ресурсу елемента необхідною надійністю на запланований термін експлуатації. Наприклад, при перепризначенні ресурсу: тепломеханічних елементів, що працюють в умовах статичного навантаження та корозійного середовища, що несе здатність яких знижується внаслідок зменшення товщини стінки, коли основним ушкоджуючим фактором є загальна корозія; тепломеханічних елементів, що працюють в умовах циклічного навантаження за відсутності корозійного середовища, здатність яких знижується внаслідок багатоциклової втоми.

Споруди та будівельні конструкції, призначені для утримання радіоактивних речовин при аваріях та тих, хто випробовує при нормальній експлуатації та її порушеннях температурні, гідродинамічні та інші навантаження, крім того, повинні піддаватися спеціальним перевіркам та випробуванням відповідно до вимог чинних нормативних документів [3].

3.5 Планування діяльності з управління старінням елементів

При плануванні діяльності з управління старінням елементів для підвищення ефективності цієї діяльності слід включати до планів такі роботи, як [3]:

- розробка та вдосконалення документації, вимогами якої регламентується діяльність із управління старінням;
- коригування експлуатаційної та ремонтної документації елементів, а також документації щодо їх технічного обслуговування;

- розробки проектів модернізації та реконструкції елементів (систем) на основі оцінок їхнього технічного стану;
- коригування планів проведення ремонтних робіт та технічного обслуговування елементів (систем) з метою забезпечення своєчасного виявлення можливих відмов та забезпечення постійної готовності елементів (систем) виконати покладені ними проектом функції;
- розробка систем діагностики та контролю ТС елементів;
- розробки заходів щодо управління старінням елементів;
- збір та аналіз інформації, що отримується як у рамках галузі, так і зарубіжних джерел з досвіду експлуатації елементів, а також використання результатів аналізу діяльності з управління старінням;
- проведення необхідних досліджень, пов'язаних зі старінням елементів, та використання їх результатів у діяльності з управління старінням;
- впровадження ефективних програм із забезпечення запасними частинами та матеріалами для гарантії їх наявності, а також запобігання їх деградації під час зберігання.

При плануванні діяльності з управління старінням елементів повинна бути:

- визначено номенклатуру робіт з управління старінням, які необхідно виконати для забезпечення безпечної та ефективної експлуатації елементів, включаючи виконання необхідних для підтримки ресурсу додаткових обсягів робіт, проведення заміни елементів (складових частин елементів) внаслідок невідповідності їх ТС встановленим вимогам або вичерпанням ресурсу;
- встановлені методи та засоби контролю та діагностування, які слід застосовувати для оцінки ТС елементів;
- визначено конкретні обсяги робіт для кожного елемента (системи), у тому числі обсяги та послідовність виконання випробувань та вимірювань;
- визначено документацію, відповідно до якої виконуватиметься оцінка ТС та перепризначення ресурсу конкретного елемента;
- визначено умови виконання ремонтних робіт, робіт з технічного обслуговування, модернізації та реконструкції, включаючи розробку заходів з

ядерної та радіаційної безпеки, протипожежних заходів та заходів з техніки безпеки;

- встановлено вплив запланованої для виконання роботи на безпеку енергоблоку;
- відображено вимоги до кваліфікації персоналу, який виконує роботи, а також необхідність його спеціальної підготовки.

3.6 Ефективність діяльності з управління старінням елементів енергоблоку АЕС

Ефективність діяльності з управління старінням елементів енергоблоку АЕС має визначатися результатами цієї діяльності, що підтверджують, що [3]:

- фактичний стан елементів енергоблоку, охоплених діяльністю з управління старінням, дозволяє виконувати покладені на них проектом функції;
- результати випробувань, вимірювань та контролю, виконаних при планових ремонтах, технічних обслуговуваннях та оцінках ТС елементів, відповідають критеріям, встановленим експлуатаційною, проектно-конструкторською та нормативною документацією;
- фактичні параметри навколишнього середовища та їх зміни знаходяться в межах, встановлених експлуатаційною, проектно-конструкторською та нормативною документацією;
- величини параметрів, що характеризують стан нормальної експлуатації елементів (таких як рН, активність, температура, тиск, величина струму і напруги), а також їх відхилення не перевищують величин, встановлених експлуатаційною документацією;
- кількість відмов унаслідок старіння при роботі елементів енергоблоку не зросла після початку діяльності з ПУС АЕС;
- кваліфікація елементів блоку, охоплених програмою кваліфікації, проведено з позитивними результатами.

Як індикатори ефективності діяльності з управління старінням слід використовувати такі [3]:

- наявність вимушених простоїв енергоблока через відмову елементів, пов'язаних з їх старінням;
- зміна величин витрат на проведення планових ремонтів та технічного обслуговування елементів, а також на проведення їх відновлювальних ремонтів;
- наявність відхилень значень експлуатаційних параметрів елементів енергоблока, охоплених діяльністю з управління старінням, від значень, допустимих експлуатаційною документацією;
- зміна періодичності ремонтів та технічного обслуговування, прийнятої за результатами проведення робіт з управління старінням, стосовно періодичності, встановленої спочатку експлуатаційною та проектно-конструкторською документацією.

3.7 Підходи щодо впровадження компенсуючих заходів з управління старінням елементів АЕС

3.7.1 Основні етапи управління старінням

Основні етапи управління старінням наступні [3]:

- оцінка ТС та ЗР елементів енергоблоку;
- розробка переліку елементів енергоблоку, які підлягають управлінню старінням;
- розробка та впровадження компенсуючих заходів процесів старіння;
- розробка та впровадження моніторингу процесів старіння елементів енергоблоку;
- документування та створення ефективної інформаційної системи керування старінням елементів енергоблоку.

При цьому основними завданнями управління старінням є забезпечення працездатності елементів АЕС (включаючи надназначений проектом термін служби) та виключення можливості непрогнозованих та неконтрольованих

процесів деградації/старіння критичних елементів, обмежують загальний допустимий термін експлуатації енергоблоку.

Оцінки ТС та ЗР, внаслідок яких встановлюються визначальні параметри та критерії оцінки ТС, домінуючі механізми старіння/деградації для різних елементів АЕС та умов експлуатації, являються основою технічних обґрунтувань з управління старінням елементів АЕС.

Оригінальні методи оцінки ЗР з урахуванням фактичного ТС та діагностики обладнання розроблені в Донецькому технічному університеті, які викладені нижче.

При вирішенні цього завдання можна скористатися моделлю [3]:

$$t_{отк} = t_y + T_{ост} \quad (3.1)$$

де t_y - дата початку попередження прогнозу; $T_{ост}$ - прогнозований ЗР деталі.

Найбільш досконалим можна вважати підхід до визначення $T_{ост}$ враховуючи стохастичний характер зміни ТС. У ньому передбачається, що значення $T_{ост}$ визначається з урахуванням виду закону розподілу залишкового ресурсу Z , його параметрів - математичного очікування M та коефіцієнта варіації v , а також заданою ймовірністю безвідмовної роботи $P(t)$ [3]:

$$T_{ост} = f(Z, M, v, P(t)) \quad (3.2)$$

Ці параметри визначаються на основі аналізу вихідної інформації про поточному ТС, отримані в результаті проведених діагностик.

Для вирішення завдання прогнозування терміну відмови, накопичена статистикою по кожній i -ї реалізації перетворюється з метою представлення її в вигляді функції.

$$T_{ост} = f(Y_i) \quad (3.3)$$

де Y_i - значення поточного ТС на момент попередження прогнозу t_y , що відповідає терміну останньої діагностики [3].

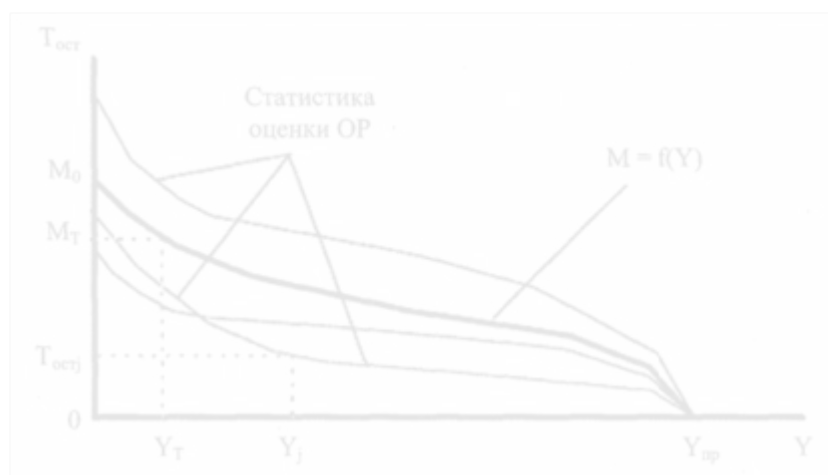
При формуванні експериментальної функції (3.3) для кожної j -ї точки статистики використовується вираз [3]:

$$T_{ост} \equiv t_{отк} - t_j, \quad (3.4)$$

де $t_{отк}$ – дата відмови, t_j – дата проведення j -ї діагностики.

Після такого перетворення отримуємо статистику оцінки залишкового ресурсу, що характеризує залежність змін $T_{ост}$ від поточного ТС.

Сформована нами статистика графічно може бути предстала в наступному вигляді на малюнку 3.1:



Мал. 3.1. Зміна ЗР $T_{ост}$ в залежності від її ТС [3, с.280]

Використовуючи значення $T_{ост}$ по кожній реалізації, що відповідає початку експлуатації деталі при $Y = 0$, та застосовуючи традиційний апарат математичної статистики, визначасмо параметри: закон розподілу ЗР Z та коефіцієнт варіації v .

Подальша обробка цієї статистики дозволяє отримати функцію для тренду (математичного очікування) ЗР залежно від значення поточного ТС- Y [3, с.281]:

$$M=f(Y), \quad (3.5)$$

Таким чином, в результаті обробки статистики оцінки ЗР отримуємо значення параметрів: Z , $M(Y)$ та v , необхідні при прогнозуванні.

При прогнозуванні послідовно виконується чотири етапи.

На першому етапі, використовуючи оцінку ТС Y_i , визначаємо математичне очікування залишкового ресурсу M_i на підставі виразу (3.5).

На другому етапі, використовуючи отримані значення M_i , відомі значення Z та v , а також задавшись необхідною ймовірністю безвідмовної роботи $P(t)$, визначаємо ЗР $T_{ост}$ з виразу (3.2), використовуючи традиційний апарат математичної статистики.

Третій етап включає безпосереднє визначення прогнозного терміну відмови $t_{отк}$, використовуючи вираз (3.1).

На четвертому етапі, виходячи зі стратегії ремонтів по ТС, у момент часу t_y виконується вибір виду впливу ремонтної служби, залежно від результату порівняння значень $T_{ост}$ і $T_{меж\text{рем}}$ [3]:

$$T_{ост} = T_{меж\text{рем}} \begin{cases} < 0, \text{ в момент } t_{отк} \text{ виконується діагностика;} \\ \leq 0 \text{ в момент } t_y \text{ виконується ремонт,} \end{cases} \quad (3.6)$$

де $T_{меж\text{рем}}$ - час міжремонтного періоду у виробничому цеху.

Отже, можна вважати, що діагностична модель закінчує своє функціонування після виконання кількох ітерацій, при виконанні умови (3.6), що відповідає часу ремонту $t_{рем}$. Таким чином, можна бачити, що прогнозування терміну відмови вимагає проведення кількох діагностик.

3.7.2 Класифікація ряду властивостей для прогнозування ресурсу

Експлуатація будь-якого обладнання передбачає вплив на неї великої кількості різних факторів, що викликають зміну (погіршення) у часі її ТС, що призводить до відмови. Істотною особливістю факторів, що впливають на зміну ТС, є їхнє коливання в часі, яке носить випадковий (стохастичний) характер. До факторів, що найбільш істотно впливають на швидкість зміни ТС деталі, відносяться: технологічні навантаження, характеристики міцності матеріалу деталі та її геометричні розміри. Крім них, необхідно виділити такі фактори, як дотримання умов технологічного процесу, якість технічного обслуговування та ремонту та ін. Випадковий характер розглянутих факторів призводить до випадкового характеру зміни ТС, отже, та строків відмови.

Завдяки аналізу відомих моделей прогнозування ресурсу можна виділити ряд подібних властивостей. Це дозволяє розробити їхню класифікацію. Виділено чотири типи вихідної інформації: статистика ремонтів, експертні оцінки ресурсу, статистика діагностик, дані про технологічні навантаження. Це дозволило всі наявні моделі прогнозування також розділити на чотири види, наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Класифікація прогнозних моделей [3]

Тип моделі	Вихідна інформація	Термін виконання прогнозу
Ресурсна	Дані про терміни ремонтів	Початок експлуатації деталі
Силова	Міцні та геометричні характеристики деталі, статистика технологічних навантажень	Кінець періоду спостереження
Діагностична	Дані діагностики	Термін останньої діагностики
Експертна	Експертні оцінки ресурсів деталей	Початок експлуатації деталі

Ресурсна модель, що параметризує, базується на використанні статистичної інформації про терміни проведених ремонтів - "Статистика ремонтів". Найбільш досконалі представники даного типу моделей передбачають отримання потоку ресурсів, з урахуванням відновлення недовикористаної частини ресурсу деталей, на підставі даних про їх ТЗ на момент заміни. Застосовуючи методи математичної статистики та теорії ймовірності, дана модель, що параметризує, дозволяє отримати значення Z , M і v для потоку ресурсів [3].

Міцна параметризуюча модель використовує у своєму математичному апараті дані про технологічний процес та конструкцію машини з метою визначення навантажень на деталь. Головна її особливість - математичний опис процесу накопичення ушкоджень у досліджуваній деталі. Як вихідна інформація до моделі використовується "Статистика виробничої програми". Вона являє собою сукупність статистичних даних про вид та обсяг продукції, що обробляється на обладнанні, елементом якої є досліджувана деталь. Крім цього, у моделі використовуються дані про фізичні характеристики досліджуваної деталі (її геометричні розміри та міцнісні характеристики матеріалу, з якого вона виготовлена).

Діагностична параметризуюча модель є математичним апаратом, який використовує в процесі свого функціонування дані про терміни t , та результати Y ,

проведених діагностик. Особливість цієї моделі - отримання значення ЗР деталі на підставі даних про поточний ТС. Сукупність вихідних даних цієї моделі представлені як "Статистика діагностик" [3].

Експертна модель, що параметризує, найбільш проста з усіх моделей, що параметризують. Її параметри визначаються на підставі експертних оцінок ресурсу деталі, що видаються механіком цеху (експертом). Сукупність вихідних даних для цієї моделі представлені як "Експертні оцінки". Використання даної моделі раціонально на ранній стадії експлуатації обладнання, коли немає достатньої кількості статистичної інформації про ремонти та технічне обслуговування обладнання.

3.8 Висновки

1. Отже, щойно розглянута нами тема згідно з сучасною практикою, управління старінням обладнання - це розробка та впровадження організаційно-технічних заходів, спрямованих на оптимізацію ресурсу елемента за рахунок зниження або придушення механізмів старіння.

2. На підставі аналізу аналізу і порівняння техніко-економічних показників був сформульований перелік критичних елементів, а нижче наведені заходи по управлінню старіння, які можна застосувати для підтримки технічного стану і ресурсних показників критичних елементів.

3. Визначений склад (комплекс) заходів по управлінню старінням спрямованих на підтримку технічного стану реакторної установки при продовженні надпроектного терміну експлуатації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. В.І. Філатов, Н.Г. Бойко Щодо мети та змісту діяльності на початкових стадіях зняття АЕС з експлуатації // Электрические сети и системы. - 2020.- №5-6. - С. 22-24.
2. ТИПОВАЯ ПРОГРАММА по управлению старением элементов блока АЭС. ПМ-Д .0.08.222 - 04
3. В. И. Скалозубов , А. А. Ключников, Е. С. Лещетная. Основы продления эксплуатации АЭС с ВВЭР. 2011
4. Широков С. В. Ядерные энергетические реакторы: учебное пособие / С. В. Широков – К.: «ВИПОЛ»,1997. – 280 с
5. Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Бобков В.П.. Справочник по теплогидравлическим расчётам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы). - М: Энергоатомиздат, 1990.
6. Бартоломей Т.Г., Бать Г.А., Байбаков В.Д., Алхутов М.С. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
7. Широков С.В. Физика ядерных реакторов: Учеб. пособие.- К.,1998.
8. Каштанов С. Ф. **Методичні вказівки** до розробки **розділу** «Охрана праці» в дипломних проектах (роботах) для **студентів** ТЕФ освітнього рівня – бакалавр / Каштанов С. Ф., Полукаров О. І., Чернушак І. І. - Київ : НТУУ "КПІ", 2011 р., 22 с.
9. **ДСТУ 7237:2011.** Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту. [Чинний від 2011-08-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. 10 с.
10. **ДСТУ Б.В.1.1-36:2016.** Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с.

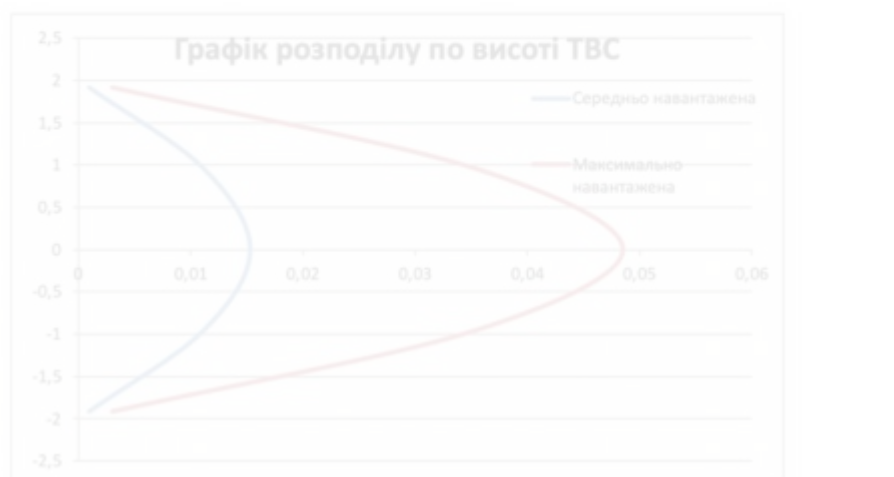
11. ДСТУ ISO 9978:2014 Радіаційна безпека. Закриті радіоактивні джерела. Методи випробовування на витік (ISO 9978:1992, IDT).
- 12.38-1. Про затвердження Правил ядерної безпеки реакторних установок атомних станцій з реакторами з водою під тиском Документ z0512-08, чинний, поточна редакція — Прийняття від 15.04.2008.
13. ВБН В.1.1-034-2003, НАПБ 03.005-2002, ГНД 34.03.307-2004 «Протипожежні норми проектування атомних електростанцій із водо-водяними енергетичними реакторами».
14. ППБ АС-2011 «Правила пожежної безпеки при експлуатації атомних станцій».

ДОДАТОК А

Результат розрахунку розподілу тепловиділення по висоті ТВЗ для середнього і максимального навантаження

Таблиця А.1 - Результати розрахунку розподілу тепловиділення по висоті ТВЗ

z, м	q_l , МВт/м	q_{lmax} , МВт/м
-1,85419	0,001627	0,00517
-0,9271	0,01829	0,058111
0	0,025065	0,079637
0,9271	0,01829	0,058111
1,85419	0,001627	0,00517



Коефіцієнт нерівномірності по висоті активної зони (k_z) – показує відношення максимуму густини потоку теплових нейтронів до середнього її значення.

Цей відображає те, що через менш значення густини потоків теплових нейтронів у верхніх та нижніх частинах ТВЕЛ втрачається частина теплової

потужності реакторної установки, яка могла б бути отримана при рівномірному розподілі нейтронів по висоті ТВЕЛ.

Тому вигляд графіку залежності тепловиділення від висоти має саме такий вигляд.

Розрахунок розподілу температур і тисків теплоносія по висоті ТВЗ для середнього і максимального навантаження

Таблиця А.2 - Розподіл тисків теплоносія для середнього і максимального навантаженої чарунки по висоті ТВЗ

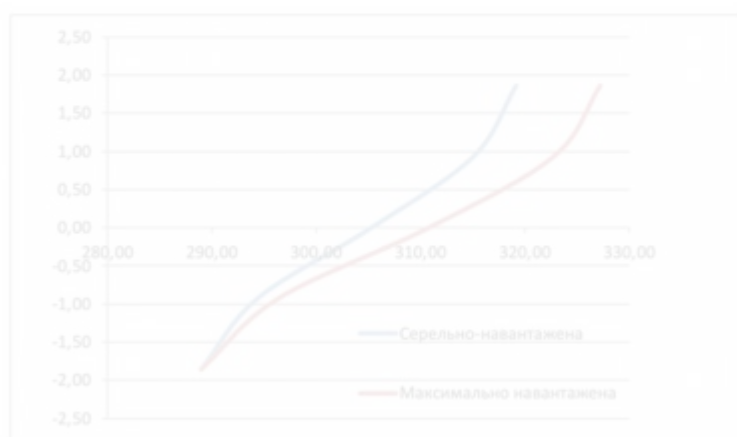
Висота Z	P, МПа	P _{max} , МПа
-1,85419	16,17	16,81
-0,9271	16,08	16,4
0	16	16
0,9271	15,92	15,6
1,85419	15,83	15,19

Таблиця А.3 - Ітерації розподілу температури теплоносія по висоті ТВЗ для середньонавантаженої чарунки

Z м		1	2	3
Н 2	C _p , кДж / кг · К	5,59	6,197	6,04
	T, °C	321,6	318,41	319,174
Н 4	C _p , кДж / кг · К	5,587	5,96	5,89
	T, °C	316,49	314,77	315,0727
0	C _p , кДж / кг · К	5,5837	5,578	
	T, °C	305,32	305,34	
- Н 4	C _p , кДж / кг · К	5,58	5,309	
	T, °C	294,14	294,4	
- Н 2	C _p , кДж / кг · К	5,5767		
	T, °C	289		

Таблиця А.4 - Ітерації розподілу температури теплоносія по висоті ТВЗ для максимально навантаженої чарунки

Z м		1	2	3	4
Н 2	$C_p, \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	5,62	6,92	6,64	6,56
	T, °C	333,6	326,19	326,75	327,21
Н 4	$C_p, \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	5,6	6,2	6,29	6,26
	T, °C	326,72	323,067	322,5799	322,74
0	$C_p, \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	5,5837	5,74		
	T, °C	311,45	310,835		
Н 4	$C_p, \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	5,57	5,34		
	T, °C	296,08	296,39		
Н 2	$C_p, \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	5,55			
	T, °C	289			



Оскільки температура теплоносія залежить від значення густини теплового потоку з одиниці довжини ТВЕЛ, то можемо спостерігати, що при наближенні до центральної частини ТВЕЛ, де густина потоку більша, зростання температури стрімкіше ніж на периферії.

Розрахунок локальних коефіцієнтів тепловіддачі по висоті ТВЗ

Таблиця А.5 – Основні параметри для середньо навантаженої чарунки

Висота Z	ν м ² /с	λ , Вт/м·К	Pr
----------	-------------------------	--------------------	----

$\frac{H}{2}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$	0,52	0,9443
$\frac{H}{4}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$	0,53	0,9197
0	$1,2 \cdot 10^{-7}$	0,55	0,8773
$-\frac{H}{4}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$	0,57	0,8463
$-\frac{H}{2}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$	0,579	0,835

Таблица А.6 – Основные параметры для максимально нагруженной чарунки

Высота Z	ν м ² /с	λ , Вт/м·К	Pr
$\frac{H}{2}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$	0,5	1,017
$\frac{H}{4}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$	0,512	0,9719
0	$1,2 \cdot 10^{-7}$	0,5398	0,8988
$-\frac{H}{4}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$	0,5679	0,8495
$-\frac{H}{2}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$	0,581	0,833

Таблица А.7 – Результаты чисел Re и Nu для среднью и максимально нагруженных чарунок

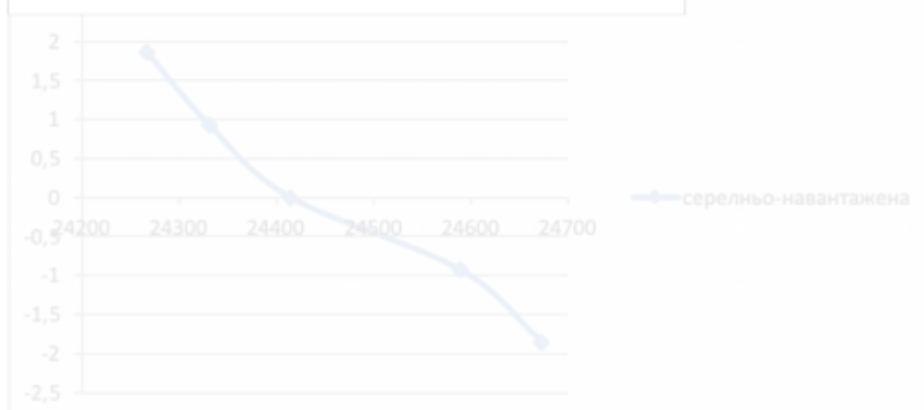
Z м	Re	Re _{max}	Nu	Nu _{max}
$\frac{H}{2}$	$5,08 \cdot 10^5$	$11,91 \cdot 10^5$	824,18	1681,8
$\frac{H}{4}$	$5,07 \cdot 10^5$	$11,81 \cdot 10^5$	813,237	1638,13
0	$4,98 \cdot 10^5$	$11,71 \cdot 10^5$	786,34	1573,3
$-\frac{H}{4}$	$4,9 \cdot 10^5$	$11,33 \cdot 10^5$	764,18	1495,5

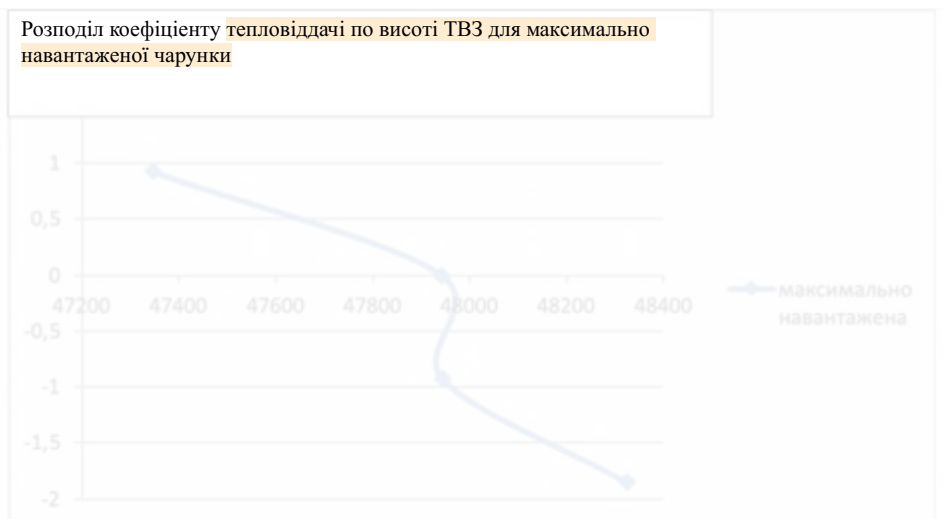
- Н 2	4,86 · 10 ⁵	11,24 · 10 ⁵	754,87	1473,4
----------	------------------------	-------------------------	--------	--------

Таблица А.8 – Коэффициенты тепловіддачі для середньо і максимально навантажених чарунок.

Висота Z	α , Вт/м ² ·К	α_{max} , Вт/м ² ·К
Н 2	24267	47469
Н 4	24331	47346
0	24414	47941
- Н 4	24589	47943
- Н 2	24672	48323

Розподіл коефіцієнту тепловіддачі по висоті ТВЗ для мінімально навантаженої чарунки





За своєю природою коефіцієнт тепловіддачі залежить від числа Рейнольдса, яке в свою чергу залежить від значення динамічної в'язкості, та від коефіцієнту теплопровідності.

Динамічна в'язкість та коефіцієнт теплопровідності є залежними від температури теплоносія і зменшуються з її ростом. З однієї сторони, це призводить до росту числа Рейнольдса, що малою призвести до зростання α проте зменшення λ має більший вплив.

А через нерівномірність розподілу температурими маємо криволінійний графік, що має спадний характер з висотою.

Розрахунок температури оболонки ТВЕЛУ і паливного осердя

Таблиця А.9 – Результати розрахунку температури зовнішньої поверхні оболонки ТВЕЛУ

Висота H_0	$T, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{max}}, ^\circ\text{C}$
H	321,33	330,71
2		
H	339,26	362,23
4		
0	338,37	364,28
- H	318,33	335,38
- 4		
- H	291,12	292,44
- 2		

Таблица А.10 – Значення теплопровідності матеріалу оболонки для визначення температури внутрішньої оболонки ТВЕЛУ

Висота Н ₀ /Z	λ, Вт/м·К	λ _{max} , кВт/м·К
Н	20,83	20,79
2		
Н	20,83	20,8
4		
0	20,85	20,82
- Н	20,89	20,88
4		
- Н	20,63	20,63
2		

Таблица А.11 – Результати розрахунку температури внутрішньої поверхні оболонки ТВЕЛУ

Висота Н ₀ /Z	T, °C	T _{max} , °C
Н	322,25	334,22
2		
Н	344,98	401,57
4		
0	345,87	419,32
- Н	323,7	374,53
4		
- Н	291,58	295,9
2		

Таблица А.12 – Результати розрахунку температури зовнішньої поверхні паливного осердя

Висота Z м	T, °C	T _{max} , °C
Н	343,82	402,2
2		
Н	592,1	879,2
4		
0	684,84	1073,87
- Н	592,1	852,15
4		

- Н 2	343,8	338,4
----------	-------	-------

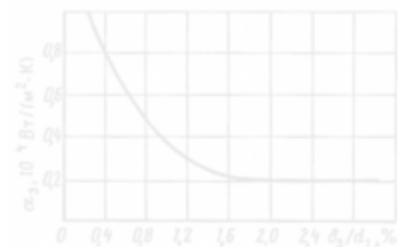


Рисунок А.4 – Залежність коефіцієнта тепловіддачі контактної шару від співвідношення початкового газового зазору до внутрішнього діаметру оболонки

Таблиця А.13 – Значення коефіцієнтів теплопровідності для середньо навантаженої чарунки

Z, м		1	2	3	4	5	6
Н 2	$\lambda_0(z), \frac{\text{кВт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	4,69	4,59				
	T, °C	371	371,6				
Н 4	$\lambda_0(z), \frac{\text{кВт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	3,92	3,68	3,66	3,62		
	T, °C	692,78	719,2	710,05	722,96		
0	$\lambda_0(z), \frac{\text{кВт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	3,7	3,43	3,4	3,34	3,33	
	T, °C	833,19	882	873,9	890,74	890,9	
- Н 4	$\lambda_0(z), \frac{\text{кВт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	3,92	3,74	3,71	3,67		
	T, °C	719,2	694,8	685,62	698,61		
- Н 2	$\lambda_0(z), \frac{\text{кВт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	4,69	4,78	4,78			
	T, °C	340,1	320,3	318,21			

Таблиця А.14 – Значення коефіцієнтів теплопровідності для максимально навантаженої чарунки

Z, м	1	2	3	4	5	6
------	---	---	---	---	---	---

Н 2	$\lambda_0(z)$, $\frac{\text{кВт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	4,48	4,39	4,38			
	T, °C	492,6	429,85	429,9			
Н 4	$\lambda_0(z)$, $\frac{\text{кВт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	3,35	3,96	2,92	2,91	2,9105	
	T, °C	1661	1788	1777	1778	1778	
0	$\lambda_0(z)$, $\frac{\text{кВт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	3,11	6,82	3,2	3,23	3,22	3,225
	T, °C	2228	2173	2194	2186	2189	2189
Н 4	$\lambda_0(z)$, $\frac{\text{кВт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	3,39	2,88	2,91	2,91	2,919	
	T, °C	1624	1762	1752	1754	1753	
Н 2	$\lambda_0(z)$, $\frac{\text{кВт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	4,61	4,53	4,52			
	T, °C	387,92	389,9	390,02			

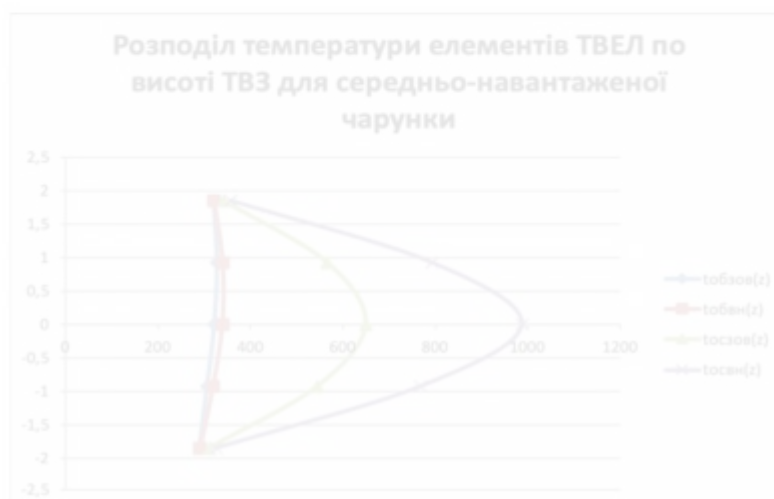


Рисунок А.5 – Розподіл температур зовнішньої і внутрішньої оболонок твела та поверхні паливного осердя по висоті ТВЗ для середньо навантаженої чарунки



Рисунок А.6 – Розподіл температур зовнішньої і внутрішньої оболонок твела та поверхні паливного осердя по висоті ТВЗ для максимально навантаженої чарунки

Отримані графіки показують залежність температури зовнішньої поверхні оболонки $T_{об.зов}(z)$, внутрішньої поверхні оболонки $T_{об.вн}(z)$, зовнішньої поверхні паливного осердя $T_{ос.зов}(z)$, і внутрішньої поверхні паливного осердя $T_{ос.вн}(z)$. Вони мають форму, подібну до косинуса, оскільки вони залежать від локального лінійного питомого теплового потоку $q_l(z)$. Температура зовнішньої поверхні ТВЕЛу майже не відрізняється від температури теплоносія. Температура ж внутрішньої поверхні ТВЕЛу трохи відрізняється від зовнішньої завдяки незначному термічному опору стінки ТВЕЛу. Температура зовнішньої поверхні паливного осердя більша від внутрішньої для ТВЕЛу через існування газового зазору с малим коефіцієнтом теплопровідності. Температура всередині осердя значно більша від температури зовні через дуже малу теплопровідність UO_2 , а тому і через великий термічний опір осердя. Значення температур ТВЕЛу і паливного осердя не повинні перевищувати допустимих температур, яка для ТВЕЛу - $1000^{\circ}C$, а для UO_2 - $2875^{\circ}C$ – температура плавлення двоокису урану, інакше така ТВЗ не буде працювати. Розподіл температур є дещо несиметричним

відносно осі $z=0$ через те, що теплофізичні властивості оболонки і палива змінюються при збільшенні температури. Для ТВЗ з максимальним навантаження значення температур значно більші ніж для середньо навантаженої завдяки більшому $q_1(z)$.

Визначення критичних теплових потоків і запасів до кризи теплообміну

Таблиця А.15 – Значення ентальпій і теплоти пароутворення в залежності від тиску і температури теплоносія для нормально навантаженої чарунки

Z м	$h(z)$ кДж/кг · С	$h'(z)$ кДж/кг · С	$r(z)$ Дж/кг	$x(z)$
H 2	1446	1452	1248	-0,00481
H 4	1422	1428	1283	-0,00468
0	1364	1370	1366	-0,00439
- H 4	1305	1311	1445	-0,00415
- H 2	1278	1283	1484	-0,00337

Таблиця А.16 – Значення ентальпій і теплоти пароутворення в залежності від тиску і температури теплоносія для максимально навантаженої чарунки

Z м	$h(z)$ кДж/кг · С	$h'(z)$ кДж/кг · С	$r(z)$ Дж/кг	$x(z)$
H 2	1502	1508	1169	-0,00513
H 4	1465	1474	1220	-0,00492
0	1393	1408	1318	-0,00607
- H 4	1315	1321	1430	-0,0042
- H 2	1277	1278	1484	-0,00067

Таблиця А.17 – Результати розрахунку

Z м	n	m	n max	m max	qкр(z)	qкр(z) max
H 2	1,16	0,1854	1,18	0,184	2,4	2,58
H 4	1,1713	0,1854	1,1377	0,1855	2,39	2,82
0	1,18	0,1853	1,1800	0,1858	2,388	2,8
- H 4	1,1887	0,1853	1,22	0,1853	2,38	2,75
- H 2	1,1973	0,185	1,2645	0,1842	2,369	2,69

Таблица А.18 – Розподіл коефіцієнта запасу до кризи кипіння по висоті ТВЗ для нормально і максимально навантаженої чарунки

Z	K(z)	K(z)max
H 2	45,87	23,64
H 4	4,07	1,51
0	2,96	1,38
- H 4	4,04	1,47
- H 2	45,24	16,17

На кінцях ТВЗ досить великий запас до кризи кипіння, що пов'язано з малими $q_1(z)$, що не можна сказати про центральну частину ТВЗ, де великий тепловий потік. Отримані значення запасу показують, що вони перевищують допустимі значення 1,3, тому кипіння в ТВЗ - відбудуватиметься.

ДОДАТОК Б

Графік функції $E_{кр}(z)$, використаний у розділі 2.4.4.6 нейтронно-фізичного розрахунку, представлений на рисунку Б.1[7].

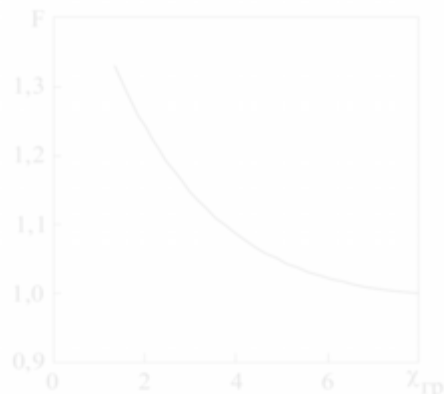


Рисунок Б.1 – Усреднения перерізів поглинання по спектру Максвелла
 Мікроперерізи елементів та макроперерізи матеріалів

Таблиця Б.1 - Мікроперерізи елементів “холодного реактора”

i	Концентрація, N_i	Мікропереріз, барн			
		σ_a	σ_f	σ_s	σ_{tr}
O (в UO_2)	$4,6391 \cdot 10^{22}$	-	-	3,76	3,6
Zr	$4,15165 \cdot 10^{22}$	0,1344	-	6,4	6,4277
Nb	$7,04985 \cdot 10^{20}$	0,8425	-	6,5	7,2775
U^{235}	$6,9587 \cdot 10^{20}$	494,5505	423,807	13,8	508,3505
U^{238}	$2,25 \cdot 10^{22}$	1,961	-	8,9	10,861

Таблиця Б.2 - Макроперерізи матеріалів “холодного реактора”

Матеріал, i	Концентрація, N_i	Мікропереріз, cm^{-1}				
		Σ_a	Σ_f	Σ_s	Σ_{tr}	$\xi \Sigma_s$
UO_2	$2,31958 \cdot 10^{22}$	3,882699	2,949173	3,884286	7,655912	2,269153
Zr+1,7%Nb	$3,80449 \cdot 10^{22}$	$\cdot 10^{-1}$	$\cdot 10^{-1}$	$\cdot 10^{-1}$	$\cdot 10^{-1}$	$\cdot 10^{-2}$
		6,8749	-	2,6217	2,6642	5,7018

		$\cdot 10^{-3}$		$\cdot 10^{-1}$	$\cdot 10^{-1}$	$\cdot 10^{-3}$
H ₂ O	$4,64 \cdot 10^{22}$	0,0221	-	2,67	2,31	1,35

Таблица Б.3 - Микроперерези элементов “горячего реактора”

	Концентрация, N _i	Микроперерез, барн			
		σ_a	σ_f	σ_s	σ_{tr}
O (в UO ₂)	$4,5497 \cdot 10^{22}$	-	-	3,76	3,6
Zr	$4,1516 \cdot 10^{22}$	0,1003	-	6,4	6,436
Nb	$7,0498 \cdot 10^{20}$	0,62362	-	5	5,57
U ²³⁵	$6,8249 \cdot 10^{20}$	369,2420	316,4234	13,8	383,042
U ²³⁸	$2,2067 \cdot 10^{22}$	1,4695	-	8,9	10,3695

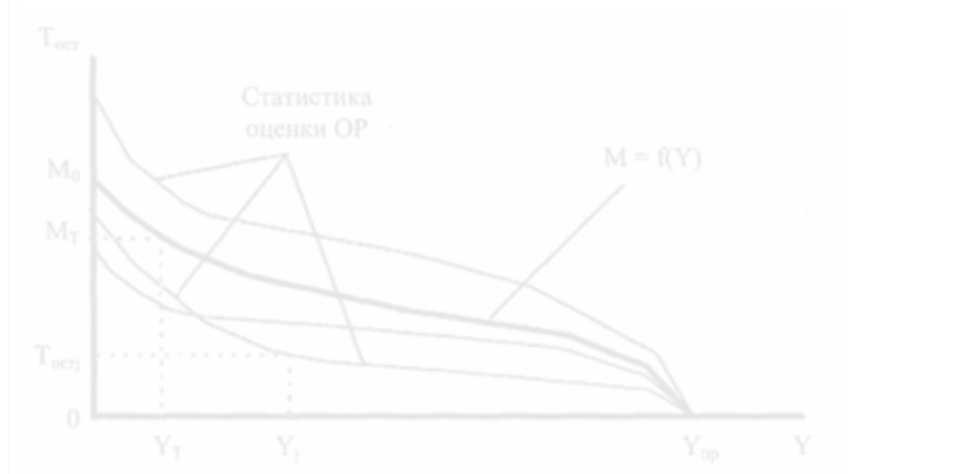
Таблица Б.4 - Макроперерези материалов “горячего реактора”

Материал, i	Концентрация, N _i	Микроперерез, см ⁻¹				
		Σ_a	Σ_f	Σ_s	Σ_{tr}	$\xi \Sigma_s$
UO ₂	$2,27 \cdot 10^{22}$	2,924092	2,220112	3,768960	6,624744	2,225515
		$\cdot 10^{-1}$	$\cdot 10^{-1}$	$\cdot 10^{-1}$	$\cdot 10^{-1}$	$\cdot 10^{-2}$
Zr+1,1%Nb	$4,15 \cdot 10^{22}$	4,733786	-	2,712720	2,692306	5,858424
		$\cdot 10^{-3}$		$\cdot 10^{-1}$	$\cdot 10^{-1}$	$\cdot 10^{-3}$
H ₂ O	$4,55077 \cdot 10^{22}$	0,01582	-	1,911	1,653	0,966

ДОДАТОК В



Мал. В.1. Систематичний процес управління старінням [3, с.268]



Мал. В.2. Зміна ЗР $T_{ост}$ в залежності від її ТС [3, с.280]

Таблица В.1. Класифікація прогнозних моделей [3, с.286]

Тип моделі	Вихідна інформація	Термін виконання прогнозу
Ресурсна	Дані про терміни ремонтів	Початок експлуатації деталі
Силова	Міцні та геометричні характеристики деталі, статистика технологічних навантажень	Кінець періоду спостереження
Діагностична	Дані діагностики	Термін останньої діагностики
Експертна	Експертні оцінки ресурсів деталей	Початок експлуатації деталі

Совпадения

Источники из Интернета

85

24	https://docplayer.net/70502200-Nacionalniy-standart-ukrayini-dstu-poroshok-mineralniy-dlya-asfaltobetonnih-sum	25 источников	0.39%
25	http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=73062	26 источников	0.38%
31	http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=59928	3 источника	0.27%
32	https://kivra.kpi.ua/wp-content/uploads/file/work/2020/Tarasiuk/Tarasiuk_bakalavr.pdf		0.25%
33	http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/30647/3/dyplom_Kornienko_V_2020.pdf	4 источника	0.25%
36	https://kodeksy.com.ua/norm_akt/source-%D0%94%D0%86%D0%AF%D0%A0%D0%A3/type-%D0%9D%D0%B0%D0%BA%D0%...		0.23%
38	https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%	2 источника	0.22%
39	https://kivra.kpi.ua/wp-content/uploads/file/work/2018/Shmihirovska/Shmihirovska_magistr.pdf	2 источника	0.2%
40	https://radalight.kname.edu.ua/images/Files/Matysevich/MATUSEVICH DISSER_FINAL-163-213-1-35.pdf		0.2%
41	https://en.ppt-online.org/681960	9 источников	0.19%
42	https://snriu.gov.ua/storage/app/sites/1/docs/Mijnarodna%20diyalnist/Nacionalni-dopovidi/%202017_%D1%83%D0%	7 источников	0.19%
43	http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=5009	2 источника	0.17%
45	https://docplayer.com/61847906-Programma-upravleniya-stareniem-elementov-energoblokov-op-haes.html		0.16%
49	https://sti.urfu.ru/fileadmin/user_upload/site_15804/Uchebnoe_posobie_MEKHANIKA_GRUNTOV.pdf		0.13%

Источники из Библиотеки

189

1	TYa41-ProkopchukAA-diploma-2018	ID файла: 5975967	Учебное заведение: National Technical Universi	27 источник	6.78%
2	TYa52-TarasiukBV-diploma-2019	ID файла: 1000051888	Учебное заведение: National Technical Universit	3 источник	6.02%
3	TYa41-KukhotskaO-diploma-2018	ID файла: 5984465	Учебное заведение: National Technical University of Ukrain...		4.73%
4	TYa71mn-ZaiatsMS-thesis-2019	ID файла: 11923738	Учебное заведение: National Technical University of	4 источник	4.73%
5	TYa52-GritchinaE-diploma-2019	ID файла: 1000051006	Учебное заведение: National Technical University of Ukrai...		4.34%
6	TYa52-Petrichyuki-diploma-2019	ID файла: 1000063004	Учебное заведение: National Technical Universi	4 источник	4.17%
7	TYa41-OdarchukAM-diploma-2018	ID файла: 5990622	Учебное заведение: National Technical University of Ukrain...		3.68%

8	TYa52-MykytyukIO-diploma-2019	ID файла: 1000063003	Учебное заведение: National Technical University of Ukr...	3.63%
9	TYa42-SemeniukAM-diploma-2018	ID файла: 5990686	Учебное заведение: National Technical University 2 Источник	3.52%
10	TYa41-KvitkaVA-diploma-2018	ID файла: 5990689	Учебное заведение: National Technical University of Ukraine "K...	3.24%
11	TYa51-SemakPS-diploma-2019	ID файла: 1000058446	Учебное заведение: National Technical University of Ukrain...	2.8%
12	TYa52-KnovetsDV-diploma-2019	ID файла: 1000053708	Учебное заведение: National Technical University of Ukra...	2.16%
13	TYa41-PinyohaSM-diploma-2018	ID файла: 5976029	Учебное заведение: National Technical University of Ukraine...	1.91%
14	TYa-Matkovsky-diploma-2019	ID файла: 1000032436	Учебное заведение: National Technical University 5 Источник	1.54%
15	TYa51-OstapovetsAO-diploma-2019	ID файла: 1000051975	Учебное заведение: National Technical Unive 12 Источник	1.27%
16	TYa42-KalabskiyVV-diploma-2018	ID файла: 5976033	Учебное заведение: National Technical University 2 Источник	1.11%
17	TYA81-BulanA- diplom	ID файла: 1011417076	Учебное заведение: National Technical University of Ukra 10 Источник	0.86%
18	TYa-Pritika-diploma-2018	ID файла: 5956826	Учебное заведение: National Technical University of Ukraine "Kyiv ...	0.72%
19	TYa41-BryzhukEV-diploma-2018	ID файла: 5976028	Учебное заведение: National Technical University of Ukraine ...	0.67%
20	TYa42-MandrychenkoKE-diploma-2018	ID файла: 5990699	Учебное заведение: National Technical Unive 3 Источник	0.56%
21	Lievikin_RI71_bachelor_2021	ID файла: 1008384029	Учебное заведение: National Technical University of 47 Источник	0.49%
22	TYa42-KozyrRV-diploma-2018	ID файла: 5990696	Учебное заведение: National Technical University of UK 2 Источник	0.47%
23	Студенческая работа	ID файла: 1000087859	Учебное заведение: Lviv Polytechnic National Universit 29 Источник	0.41%
26	Студенческая работа	ID файла: 1004029196	Учебное заведение: Lviv Polytechnic National Universit 11 Источник	0.36%
27	TYa-Danilenko-diploma-2018	ID файла: 5956827	Учебное заведение: National Technical University of UK 4 Источник	0.34%
28	Студенческая работа	ID файла: 1000035042	Учебное заведение: Lviv Polytechnic National University	0.33%
29	Студенческая работа	ID файла: 1008274645	Учебное заведение: National University of Life and Environment...	0.3%
30	TYa71mn-PecheritsyaIO-thesis-2019	ID файла: 11883590	Учебное заведение: National Technical University of Uk...	0.28%
34	Студенческая работа	ID файла: 1008345089	Учебное заведение: National Aviation University	0.25%
35	TZ91mp-SushynskaAP-thesis-2020-2	ID файла: 1005724245	Учебное заведение: National Technical University of U...	0.23%

37	Студенческая работа	ID файла: 1000068321	Учебное заведение: Lviv Polytechnic National University	5 Источник	0.22%
44	Маглов	ID файла: 1000791006	Учебное заведение: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic In...		0.17%
46	TemchurMD	ID файла: 1011365282	Учебное заведение: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechn...		0.16%
47	TYa51-OmelchukEO-diploma-2019	ID файла: 1000051891	Учебное заведение: National Technical University of Uk...		0.16%
48	TYa01mn-AniushkinaAA-diploma-2022	ID файла: 1011323827	Учебное заведение: National Technical University o...		0.14%