

Буданов П.Ф., Бровко К.Ю. ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЯДЕРНИХ РЕАКТОРІВ ПРИ РОЗГЕРМЕТИЗАЦІЇ ОБОЛОНКИ ТВЕЛ

Вступ. Концепція розвитку атомної енергетики України, спрямована на створення економічно ефективних, надійних і безпечних атомних станцій, конкурентноздатних у порівнянні з іншими джерелами енергії [1].

Особлива увага повинна бути приділена вивченню процесів, що відбуваються в активній зоні реактора при порушеннях режимів нормальної експлуатації і при аварійних ситуаціях. Для зменшення наслідків аварійних ситуацій необхідно зберегти охолоджувальність активної зони реактора, яка може бути порушена при можливому перегріві, формозміні і розгерметизації оболонки ТВЕЛ [2].

Питанням вивчення поведінки ТВЕЛів в аварійних режимах приділялась увага в більшості країн, що розвивають атомну енергетику.

Тому, завдання дослідження фізико-хімічних процесів, що відбуваються в оболонці ТВЕЛ при її розгерметизації, є актуальною проблемою.

Мета роботи. Підвищення надійності та безпеки при експлуатації ядерного реактора за рахунок оперативного виявлення розгерметизації тепловиділяючих елементів тепловиділяючих зборок на основі метода контролю структури оболонки ТВЕЛ з використанням апарату фрактально-кластерної теорії.

Матеріали дослідження. Для вирішення даної проблеми необхідно проводити контроль розгерметизації оболонок ТВЕЛ не тільки на основі наявності речовин після відпрацювання ядерного палива за межами тепловиділяючих зборок ядерного реактора, а здійснювати контроль динаміки розгерметизації оболонок ТВЕЛ в режимі реального часу, досліджуючи процес появи пор і тріщин оболонок ТВЕЛ. Тому в якості об'єкта дослідження, в роботі розглядається процес розгерметизації, що відбувається, як на внутрішній, так і на зовнішній поверхні структури оболонки ТВЕЛ

Результати та обговорення. В роботі запропоновано розробити фізичну модель, яка дозволить описати процеси, що впливають на формозміни внутрішньої і зовнішньої поверхні оболонки ТВЕЛ при її розгерметизації на основі врахування специфічних фрактально-кластерних властивостей об'єкту при зміні його структури. Дослідження показали, що на розгерметизацію оболонок ТВЕЛ впливають такі чинники: корозія, фреттинг корозія і стирання покриттів; низька пластичність зносостійких матеріалів; різка деградація жароміцності конструкційних матеріалів активної зони ядерного реактора; підвищена температура теплоносія (вода, газ); повзучість матеріалу; низька жароміцність; радіоактивне випромінювання; високе залишкове енерговиділення ядерного палива; розплавлення проміжного шару при аварійному підвищенні температури теплоносія вище 660 °С; низькотемпературне радіаційне охрупчування покриттів і конструкційних матеріалів через накопичення електронних дефектів кристалічної структури; абразивне зношування контуру при відлущуванні; втрата теплоносія (вода, газ); залишкова деформація оболонки; механізм водневої крихкості; механізм уповільненого гібридного розтріскування; механізм корозійного руйнування під напругою. Тому, були розглянуті вищенаведені фактори, з точки зору їх впливу на геометрію структури оболонок ТВЕЛ для уповільнення моменту розгерметизації. Тому при розробці запропонованої

Науково-практична конференція №53 (2020 р.)

моделі були враховані характеристики параметрів, які впливають на зміну геометричних властивостей об'єму оболонки ТВЕЛ при її розгерметизації. Модель, яка описує процеси розгерметизації в оболонці ТВЕЛ дозволяє визначити:

- ступінь деформації оболонок і блокування прохідного перетину теплоносія;
- результати теплофізичних і нейтронно-фізичних розрахунків для нормальних умов експлуатації;
- відносне енерговиділення в паливі по перетину пучка;
- ступінь і характер окислення оболонок по висоті і поперечному перерізу активної зони ядерного реактора.
- енерговиділення в ТВЕЛах на різних стадіях (номінальний рівень, перехідний процес і рівень залишкового тепловиділення),
- теплообмін між ТВЕЛ і теплоносієм в однофазному і двофазному станах,
- термомеханічний стан ТВЕЛів,
- вплив сусідніх елементів і дистанціонуючих решіток на стан пучка елементів та ін.

В якості практичного застосування, результати, отримані в роботі, можна використовувати в методиці контролю розгерметизації оболонок ТВЕЛ і його сполучення з ПТК енергоблоку АЕС в режимі реального часу.

Висновки. Таким чином, підвищення надійності та безпеки при експлуатації ядерного реактора за рахунок оперативного виявлення розгерметизації тепловиділяючих елементів тепловиділяючих зборок можна виконувати на основі фізичної моделі процесів в структурі оболонки ТВЕЛ та метода контролю розгерметизації ТВЕЛ з використанням апарату фрактально-кластерної теорії.

Список літератури

1. Буданов П. Ф., Бровко К. Ю., Хом'як Е. А. Аналіз факторів безпеки при експлуатації тепловиділяючих елементів ядерного реактора атомної електростанції // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. Випуск 204 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: ХНТУСГ, 2019. – С. 50–52.

2. Буданов П. Ф., Бровко К. Ю., Хом'як Е. А. Методи контролю герметичності твел для підвищення ядерної безпеки АЕС // Молодь і технічний прогрес в АПК : Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – Том 2. – Харків: ХНТУСГ, 2019. – С. 230.