

УДК 621.039.56

Обоснование и экспериментальное подтверждение возможности эксплуатации паропроизводящей установки транспортной ЯЭУ при нештатном положении рабочих органов СУЗ

Д. И. Тригубов, К. П. Пукалов, А. Л. Дмитриев, И. В. Ушатинский, И. Е. Батягин

ФГУП «НИТИ им. А. П. Александрова»,
г. Сосновый Бор Ленинградской области, Россия

Аннотация

В сообщении анализируется ситуация, возникшая на стенде-прототипе транспортной ЯЭУ при появлении неисправности рабочих органов компенсации реактивности системы управления и защиты (СУЗ). Дано описание комплекса организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение возможности дальнейшего продолжения испытаний паропроизводящей установки транспортной ЯЭУ при нештатном положении рабочих органов СУЗ.

Ключевые слова: активная зона, реактор, ядерная энергетическая установка, реактивность, рабочие органы, система управления и защиты, ядерная безопасность.

UDC 621.039.56

Justification and experimental evidence for possibilities of operation of steam-generating plant of marine nuclear propulsion during the control rod failure

D. I. Trigubov, K. P. Pukalov, A. L. Dmitriev, I. V. Ushatinsky, I. E. Batyagin

Alexandrov Research Institute of Technology (NITI),
Sosnovy Bor, Leningrad region, Russia

Abstract

This paper analyzes the situation occurred at the prototype facility of nuclear marine propulsion — failure of reactivity compensating control rods of control and protection system. Description of organizational and technical actions aimed at possibility of further testing of steam-generating plant of nuclear marine propulsion during the control rods failure has been given.

Keywords: reactor core, reactor, nuclear power facility, reactivity, control rods, control and protection system, nuclear safety.

Активные зоны транспортных ядерных энергетических установок (ЯЭУ), в связи с необходимостью компенсации эффектов реактивности, характерных для реакторов на тепловых нейтронах, и длительной кампанией, имеют значительный запас реактивности $\rho_{\text{зан}}$. Данный запас компенсируется за счет применения выгорающих поглотителей и рабочих органов (РО) компенсации реактивности. Исходя из условий безопасности, эффективность РО СУЗ в любой момент кампании должна быть достаточной для перевода реактора в подкритическое состояние при любом режиме его работы.

В эксплуатируемой транспортной ЯЭУ применяются РО в виде набора стержней, перемещающихся в направляющих трубках с помощью приводов системы управления и защиты. Для уменьшения количества приводов РО СУЗ объединены в группы.

На рис. приведена конструктивная схема привода компенсирующей решетки (КР) реактора ЯЭУ транспортного типа.

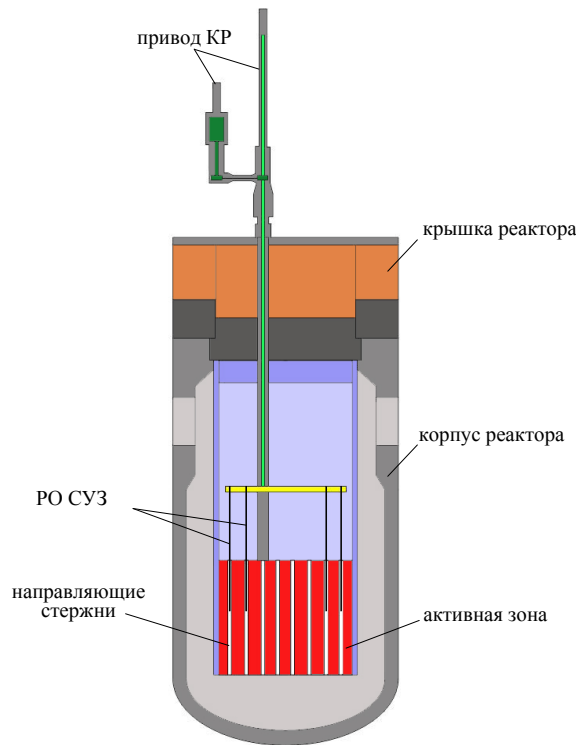


Рис. Конструктивная схема привода компенсирующей решетки реактора

РО и приводы КР являются важнейшим компонентом системы безопасности реактора и должны не только обеспечивать эксплуатационные режимы работы ЯЭУ, но и гарантировано прекращать цепную реакцию деления при возникновении любых аварийных ситуаций. Эксплуатация реакторной установки при любой неисправности РО или приводов КР в соответствии с требованиями нормативных документов в области ядерной безопасности ядерных энергетических установок запрещена.

В 2017 г. при выводе транспортной ЯЭУ из действия произошло зависание двух КР реактора. В соответствии с действующей эксплуатационной документацией реактор был переведен в подкритическое состояние, расколот и разотравлен (по ^{135}Xe). Для продолжения проведения испытаний необходимо было выявить и устранить причину возникшей неисправности.

В кратчайшие сроки специалистами ФГУП «НИТИ им. А. П. Александрова» были разработаны технологические и инструктивные указания по проведению работ, в соответствии с которыми были выполнены:

- подготовка парогенерирующего блока к проведению работ по определению неисправности КР;
- демонтаж всех приводов КР с установкой заглушек-упоров, исключающих перемещение КР;
- проверка усилий перемещения КР при демонтированных приводах с помощью специального оборудования;
- проверка технических характеристик приводов КР на специальном стенде;

- монтаж ранее демонтированных приводов КР на штатное место;
- проверка перемещения и «самоходов» КР совместно с приводами;
- определение зон перемещения КР внутри выемного экрана с повышенными усилиями;
- измерение тока контрольного перемещения каждой из КР в зонах перемещения от шагового электродвигателя, с последующим пересчётом их в усилия перемещения;
- разработана методика вывода реактора в критическое состояние.

Анализ результатов, полученных в ходе проведения указанных выше работ, показал, что приводы КР находятся в исправном состоянии, а вероятной причиной зависания КР послужило увеличение усилий их перемещения внутри выемного экрана выше допустимого значения, установленного для привода.

Выявленная причина носила неустранимый характер и препятствовала продолжению дальнейших испытаний на стенде. Однако с технической точки зрения возможность обеспечения работы ЯЭУ с соблюдением требований нормативных документов по ядерной безопасности все же существовала, так как:

- в ходе кампании первоначальный запас реактивности значительно уменьшился и для останова реактора с последующим расхолаживанием требовалось опускание до нижнего концевого выключателя меньшего количества КР по сравнению с началом кампании;
- начиная с 2016 г. работа реактора в энергетических режимах осуществлялась за счет перемещения одной центральной компенсирующей решетки;
- имелась возможность изменения рабочего хода КР с сохранением их функций с целью исключения перемещения в зонах с повышенными усилиями.

В связи с этим, с целью обеспечения продолжения испытаний на стенде-прототипе транспортной ЯЭУ в кратчайшие сроки были организованы и проведены технические совещания с главным конструктором, научным руководителем, где было предложено ограничить рабочий ход трех КР в нижних диапазонах их перемещения и вывести одну КР из управления реактором.

С целью продолжения испытаний на стенде-прототипе транспортной ЯЭУ было принято Решение Госкорпорации «Росатом», в соответствии с которым были разработаны и утверждены:

- заключение о дальнейшей эксплуатации стенда;
- дополнение к техническому обоснованию безопасности ТОО ППУ с учетом фактического технического состояния РО СУЗ;
- программа-методика проведения испытаний на стенде с ограниченным составом основного оборудования ЯЭУ и особым положением компенсирующих решеток.

Заключение

Выполненная работа позволила успешно завершить проведение запланированных испытаний на наземном стенде-прототипе транспортной ЯЭУ.