

## Заключение

Диссертационного совета Д 520.009.06 по диссертации Маркова Д.В. на тему:  
«Основные закономерности изменения свойств и характеристик топлива ВВЭР и РБМК нового поколения в период эксплуатации по результатам комплексных послереакторных исследований»  
на соискание ученой степени доктора технических наук

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований

### 1) **исследованы:**

– закономерности изменения геометрических параметров и силовых характеристик ТВСА и ТВС-2 ВВЭР-1000, их несущих каркасов и конструкционных элементов (пружинных блоков, пружин, ЦНК и ЦДР, уголков жёсткости), отработавших на действующих энергоблоках АЭС в течение 1-6 топливных циклов;

– причины разгерметизации твэлов ТВС ВВЭР-1000 и РБМК-1000 нового поколения; **экспериментально обоснована** работоспособность твэлов ВВЭР-1000, отработавших в составе ТВС нового поколения, при их эксплуатации в стационарных режимах до выгораний топлива  $\sim 72 \text{ МВт}\cdot\text{сут}/\text{кг U}$ ;

### **установлены:**

– основные закономерности коррозионного повреждения оболочек твэлов, стальных и циркониевых дистанционирующих решёток ТВС РБМК-1000 нового поколения с уран-эрибиевым топливом при их эксплуатации вплоть до выгораний топлива  $\sim 30 \text{ МВт}\cdot\text{сут}/\text{кгU}$ ;

– основные закономерности распределения первичных и вторичных дефектов их оболочек по длине, определение условий разрушения негерметичных твэлов в процессе их извлечения из конструкции ТВС, оценка влияния конструкторско-технологических изменений, на надёжность и безопасность эксплуатации ТВС нового поколения в части предупреждения разгерметизации твэлов;

**создана** современная информационная база данных результатов послереакторных исследований ТВС и твэлов ВВЭР и РБМК, предназначенная для расчета технологических процессов с целью улучшения и оптимизации технологических процессов изготовления ТВС, повышения их надёжности;

**подтверждена** рабочая гипотеза о ремонтпригодности изделий ТВСА и ТВС-2 ВВЭР-1000 для всего периода их эксплуатации.

2) **Теоретическая значимость** работы обоснована её научной новизной, которая состоит в том, что:

– доказаны положения о геометрической стабильности ТВСА и ТВС-2 ВВЭР-1000 при эксплуатации в течении 1-6 топливных циклов, о работоспособности твэлов ВВЭР-1000 вплоть до выгораний топлива  $\sim 72$  МВт\*сут/кгU, о коррозионной стойкости и работоспособности оболочек твэлов и стальных дистанционирующих решеток РБМК-1000 при их эксплуатации в реакторе вплоть до 10 лет, о том, что причины разгерметизации твэлов ВВЭР и РБМК не связаны с особенностями конструкций ТВС нового поколения и носят либо технологический, либо эксплуатационный характер;

– использован комплекс аттестованных испытательных установок и методик послереакторных исследований, а также разработан программный продукт Fuel Elements Data System для работы с базой данных послереакторных исследований ТВС с целью улучшения и оптимизации технологических процессов изготовления, повышения их надежности.

3) **Практическая значимость** полученных результатов подтверждается тем, что:

– результаты работы использованы разработчиками (ОКБ «Гидропресс», ОКБМ «Африкантов»), производителями (ПАО «МСЗ», ПАО «НЗХК»), поставщиком (АО «ТВЭЛ») ТВС для обоснования и внедрения в эксплуатацию топлива ВВЭР-1000 и РБМК нового поколения с улучшенными характеристиками геометрической стабильности при повышении глубины выгорания топлива и эксплуатационного ресурса, для реализации безопасных, экономически эффективных и гибких топливных циклов, создание ремонтпригодных ТВС;

– создана современная база данных послереакторных исследований ТВС и твэлов ВВЭР и РБМК, которая используется конструкторами и проектантами ТВС для верификации технологических расчетов и результатов моделирования, направленных на улучшение и оптимизацию технологических процессов изготовления ТВС и повышение их надежности;

– представлены конкретные рекомендации, направленные на дальнейшее совершенствование конструкций ТВС и твэлов ВВЭР-1000 и РБМК-1000 нового поколения, предотвращение их разгерметизации в процессе эксплуатации.

4) **Достоверность полученных результатов и выводов** подтверждается применением аттестованных испытательных установок и методик измерений, воспроизводимостью полученных экспериментальных данных, а так же успешным внедрением в эксплуатацию ТВСА и ТВС-2 ВВЭР-1000, ТВС РБМК-1000 с уран-эрбиевым топливом и оболочками без финишных операций травления и анодирования.

5) **Личный вклад соискателя** состоит в:

– руководстве тем и договоров по проведению послереакторных исследований полномасштабных ТВС и твэлов реакторов ВВЭР и РБМК, которые были выполнены совместно

с ПАО «МСЗ», ПАО «НЗХК», АО «ТВЭЛ», Концерном «Росэнергоатом», АО ОКБ «Гидропресс», АО «ОКБМ Африкантов», Ленинградской и Балаковской АЭС;

- осуществлении разработки программ планирования системных и проектно - целевых экспериментальных и теоретических исследований, постановку конкретных задач для проведения экспериментальных работ, описанных в диссертационной работе, проведении исследований по указанным темам в исследовательских защитных камерах и получении основных экспериментальных результатов;

- проведении анализа и обобщения полученных экспериментальных данных и выявлении важных закономерностей, сопутствующих жизненному циклу ЯЭУ;

- создании новой базы знаний для расчётного и экспериментального обоснования методов проектирования, конструирования, производства, сооружения, монтажа, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта, управления сроком службы реакторных установок с ВВЭР и РБМК.