

ОТЗЫВ **на автореферат диссертации**

Климовой Виктории Андреевны

на тему: «Гидродинамика и теплообмен тепловыделяющих шаровых элементов ВТГР с радиальным течением теплоносителя» по специальности 2.4.9 – «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность» на соискание учёной степени кандидата технических наук

Актуальность диссертационной работы В.А. Климовой обусловлена необходимостью снижения гидродинамического сопротивления шаровой засыпки твэлов активной зоны реактора ВТГР, которые реализуют данную концепцию. Переход от осевого течения теплоносителя к радиальному позволяет более компактно организовать конструкцию реактора, что приводит к уменьшению гидравлических потерь на перекачку теплоносителя.

Эффективность теплосъема с активной зоны ВТГР с шаровой засыпкой связаны с особенностями конструкции установки и способами течения теплоносителя через шаровой слой. Расчет характеристик течения теплоносителя через галечный слой твэлов является комплексной задачей, в которой рассматриваются возникающие эффекты реламинаризации и турбулизации газового потока, образования вихрей и степень их влияния на гидравлическое сопротивление и теплообмен газа с шаровыми твэлами с использованием известных критериев подобия, таких как числа Нуссельта, Рейнольдса и Струхала. Определение параметров радиального течения газового теплоносителя проведены с использованием экспериментальных установок, апробированных методик и метрологически поверенного оборудования. Помимо экспериментального исследования также выполнен численный анализ течения и теплообмена с использованием вычислительных программных пакетов.

Выполненная В.А. Климовой работа представляет несомненный интерес из-за её высокой практической значимости. Это подтверждается приведенными результатами расчета элементов активной зоны реактора ВТГР при протекании теплоносителя в осевом и радиальном направлениях. Выполненный анализ автором позволил:

- продемонстрировать важность эффектов реламинаризации и турбулизации на эффективность теплообмена, которые должны учитываться в расчетных формулах;
- продемонстрировать методику выполнения расчета активной зоны реактора ВТГР с шаровой засыпкой, основываясь на полученных в

ходе исследований результатах, и отразить различия при выборе схемы течения теплоносителя.

Научная новизна. С использованием полученных В.А. Климовой результатов впервые показаны, что при радиальном течении газа возникают эффекты реламинизации и турбулизации. Данные явления существенно влияют на теплообмен и течения газа в установке типа ВТГР. На экспериментальной установке проведена оценка степени влияния параметров течения и конструктивных особенностей на вихреобразование, гидравлическое сопротивление и теплообмен при радиальном течении. Автором выполнено обобщение полученных данных в виде соотношений, отражающих влияние конструктивных и режимных параметров. В ходе исследования теплообмена труб в шаровом слое получены зависимости для числа Нуссельта при ускоренном и замедленном радиальном течении газового потока в зависимости от числа Рейнольдса. Разработана методика расчета гидравлического сопротивления и теплообмена в активной зоне реактора ВТГР с шаровой засыпкой.

Замечания по работе. Положительно оценивая содержательную часть автореферата диссертационной работы, необходимо отметить некоторые недочеты в оформлении и содержательной части автореферата диссертации, а именно:

- 1) В тексте автореферата отсутствует информация о применяемой модели турбулентности в программных пакетах при расчете течения жидкости (газа) через шаровую засыпку;
- 2) В некоторых формулах (например, 2 и 3) отсутствует объяснение параметра ε ;
- 3) В формуле 2 и 3 не указаны погрешности определяемого коэффициента гидравлического сопротивления;
- 4) Редакционные замечания: на странице 10 автореферата рисунок 1 представлен без поверхностной расчетной сетки. Дополнение исследуемой модели засыпки расчетной сеткой позволит визуально оценить качество представляемых результатов.

Общая оценка работы. Сделанные замечания ни в коей мере не снижают научную ценность, практическую значимость и общее положительное впечатление о работе.

Основные материалы диссертационной работы опубликованы в журналах, входящих в перечень ВАК и международные базы данных Scopus и Web of Science и представлены на всероссийских и международных научных конференциях.

Аннотация позволяет сделать вывод о том, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой и удовлетворяет требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, а ее автор, Климова Виктория Андреевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность.

Я, Кошечев Константин Николаевич, согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Климовой Виктории Андреевны, и их дальнейшую обработку.

Начальник отдела реакторных испытаний
АО «Институт реакторных материалов»
(специальность 14.04.02 – Технологии
радиационной безопасности)

09.06.2025

Кошечев Константин
Николаевич
+7 34377 3-50-08

kosheev_kn@irmatom.ru

Акционерное общество «Институт реакторных материалов»
а/я 29, АО «ИРМ», г. Заречный, Свердловская обл., Россия, 624250,
+7 34377 3-50-01, irm@irmatom.ru

Подпись К.Н. Кошечева удостоверяю

Ученый секретарь АО «ИРМ»
кандидат технических наук



Л.П. Синельников