

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.129.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ТЕПЛОФИЗИКИ
ИМ. С.С. КУТАТЕЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 23.03.2022 № 6/2022

О присуждении Лобанову Павлу Дмитриевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Экспериментальное моделирование локальной гидродинамики и теплообмена в элементах ядерных энергетических установок» по специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника принята к защите 22.12.2021, протокол № 9/2021 диссертационным советом 24.1.129.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 1, приказы Минобрнауки России от 11.04.2012 № 105/нк, от 03.06.2021 № 561/нк.

Соискатель Лобанов Павел Дмитриевич 13 августа 1980 года рождения защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Двухфазное пузырьковое течение в вертикальной трубе при малых газосодержаниях» в 2006 году в диссертационном совете, созданном на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, работает старшим научным сотрудником Лаборатории проблем тепломассообмена ИТ СО РАН. Диссертация выполнена в Лаборатории физико-химической гидромеханики ИТ СО РАН и Лаборатории проблем тепломассообмена ИТ СО РАН.

Официальные оппоненты:

Митрофанова Ольга Викторовна - доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет

«МИФИ» Институт ядерной физики и технологий, отделение ядерной физики и технологий офиса образовательных программ, профессор, г. Москва,

Таиров Эмир Асгадович – доктор технических наук, доцент, ФГБУН Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, главный научный сотрудник, г. Иркутск,

Щеклеин Сергей Евгеньевич – доктор технических наук, профессор, ФГАУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», Уральский энергетический институт, заведующий кафедрой, г. Екатеринбург,

– дали положительные отзывы на диссертацию Лобанова П.Д.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород - в своем положительном отзыве, подписанном Дмитриевым Сергеем Михайловичем - доктором технических наук, профессором, ректором, заведующим кафедрой «Атомные и тепловые станции», Андреевым Вячеславом Викторовичем - доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Ядерные реакторы и энергетические установки» и Мельниковым Владимиром Ивановичем - доктором технических наук, профессором, профессором кафедры «Ядерные реакторы и энергетические установки», указала, что: «Практическое значение работы определяется тем, что полученные в работе данные полезны для понимания закономерностей течения теплоносителей в элементах ядерных энергетических установок, а также использованием результатов экспериментов для настройки и верификации отечественных кодов вычислительной гидродинамики, используемых для проектирования и обоснования безопасности перспективных ядерных энергетических установок (ЯЭУ) в ИБРАЭ РАН, АО ОКБ «Гидропресс», АО «ОКБМ Африкантов».

Соискатель имеет 102 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 22 статьи в рецензируемых научных журналах, общим объемом 185 страниц. Публикации в полной мере отражают основные результаты диссертационной работы. В диссертации недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Вклад автора в опубликованных работах заключается в постановке задач исследований, участии в создании

стендов и отладке методов измерений, проведении экспериментальных исследований, анализа и интерпретации полученных данных, формулировании основных полученных данных и подготовке публикаций.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Kashinsky O.N., Lobanov P.D., Pakhomov M.A., Randin V.V., Terekhov V.I. Experimental and numerical study of downward bubbly flow in a pipe // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. – 2006. – Vol. 49. – № 19. – P. 3717-3727.

2. Кашинский О.Н., Лобанов П.Д., Курдюмов А.С., Прибатурин Н.А. Экспериментальное моделирование течения жидкометаллического теплоносителя в Т-образном смесителе // *Журнал Технической Физики*. – 2016. – Т. 86. – № 5. – С. 145-148.

3. Lobanov P., Pakhomov M., Terekhov V. Experimental and numerical study of the flow and heat transfer in a bubbly turbulent flow in a pipe with sudden expansion // *Energies*. – 2019. – Vol. 12. – № 14. – P. 2735.

4. Mosunova N.A., Alipchenkov V.M., Pribaturin N.A., Strizhov V.F., Usov E.V., Lobanov P.D., Afremov D.A., Semchenkov A.A., Larin I.A. Lead coolant modeling in system thermal-hydraulic code HYDRA-IBRAE/LM and some validation results // *Nuclear Engineering and Design*. – 2020. – Vol. 359. – P. 110463.

5. Прибатурин Н.А., Лобанов П.Д., Рандин В.В., Кашинский О.Н., Курдюмов А.С., Воробьев М.А., Волков С.М. Экспериментальное исследование влияния дистанционирующей решётки на распределение напряжения трения в модели ТВС // *Теплофизика и аэромеханика*. – 2021. – Т. 28. – № 4. – С. 557-567.

На автореферат поступило 8 отзывов. Все отзывы положительные, некоторые содержат замечания. В отзывах отмечается новизна, научная и практическая значимость, достоверность полученных результатов, актуальность направления исследований.

Отзывы Решетникова Александра Васильевича - д.ф.-м.н., ведущего научного сотрудника Лаборатории фазовых переходов и неравновесных процессов, ФГБУН Институт теплофизики Уральского отделения Российской академии наук и Мильмана Олега Ошеровича - д.т.н., профессора, директора по науке, ЗАО Научно-производственное внедренческое предприятие "Турбокон" замечаний не содержат.

Отзыв Корниенко Юрия Николаевича - д.т.н., главного специалиста Отделения теплофизики АО Опытного конструкторского бюро "ГИДРОПРЕСС" содержит следующие замечания:

«1. нет ссылки на источник Рис. 11;

2. изложение результатов исследований в главе 4 во многом бы выиграло при более тесной связи со списком этих явлений, в этом случае соискатель стал бы автором 1-ой ВЕРИФИКАЦИОННОЙ МАТРИЦЫ локальных экспериментов, сопровождающих «межконтурную неплотность», что лишь украсило бы эту работу;

3. конечно, при этом в тексте и на рисунках должны стоять ссылки на свои и чужие работы;

4. в настоящем виде текст главы 4 страдает громоздкостью, не смотря на несомненные экспериментальные достижения соискателя.»

Отзыв Стрижака Павла Александровича - д.ф.-м.н., профессора Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики ФГАУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» содержит следующие замечания:

«1. В автореферате представлены в основном первичные данные по итогу выполненных экспериментов. Важно представить результаты их обобщения за счет математической обработки с получением интегральных зависимостей, соотношений, комплексов и выражений. Это позволит повысить значимость результатов с учетом реальных диапазонов измерения времени, скорости, температуры, давления, размеров и других регистрируемых параметров.

2. На стр. 9 автореферата сформулировано предложение “Исследования проводились в рамках промышленных программ, проектов РФФИ, грантов Президента РФ для молодых кандидатов наук”, требующее конкретики в виде номеров проектов или названий для ознакомления читателей с тематиками и основными результатами проектов.

3. В списке публикаций на стр. 36-38 по каким-то причинам использованы разные стили оформления ссылок на подготовленные статьи с результатами диссертационных исследований. Для источников № 1,3,5,9,13,18,20 не указаны наименования изданий».

Отзыв Кузнецова Геня Владимировича - д.ф.-м.н., профессора Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова Инженерной школы

энергетики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» содержит следующее замечание:

«В списке основных публикаций с результатами диссертационного исследования П.Д. Лобанова есть шесть статей с неуказанными названиями журналов, в которых эти статьи опубликованы.»

Отзыв Стрижова Валерия Федоровича - д.ф.-м.н., старшего научного сотрудника, заместителя директора ФГБУН Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН содержит следующие замечания:

«На стр. 15 говорится об измерении осевой скорости в 7-ми и 37-ми стержневых сборках, результаты для 7-ми стержневой сборки приведены на рисунках 6 и 7, однако о результатах исследования в 37-ми стержневой сборке ничего не говорится.

На стр. 17 говорится о полученной автором корреляции для интенсификации теплообмена, а на рисунке 8а приведено сравнение результатов расчетов с данными экспериментов, при этом не говорится о том, по какой корреляции проведен расчет – полученной автором или взятыми из приведенных на той же странице ссылок.

На стр. 22 ссылка на рисунок 13а говорит о том, что на рисунке приведена гистограмма распределения диаметра пузырей, хотя на самом рисунке изображено теневое изображение распределения для 8 экспериментов, хотя условия проведения этих экспериментов не обсуждаются.

На стр. 24 на рисунках 15 а,б наряду с данными, полученными в эксперименте приведены расчетные данные. При этом в тексте автореферата отсутствует обсуждение результатов сравнения и возможных причинах их отклонений.

На стр. 26 при обсуждении результатов, представленных на рисунке 17, говорится о хорошем соответствии результатов экспериментов с расчетом, однако сведения о методике расчета не приводятся.

Стр. 29 при описании результатов экспериментов при вариации уровня теплоносителя и начального давления, говорится, что результаты экспериментов приведены в виде линий черного цвета, в то же время на рисунке присутствуют линии красного и цвета, которые были использованы для настройки теплогидравлического кода HYDRA/IBRAE/LM. При этом остаётся непонятным, что это – данные расчета по коду или данные эксперимента. На рисунке есть ещё одна не описанная в автореферате кривая,

которая отличается от качественно совпадающих черной и красной кривыми.»

Отзыв Безрукова Юрия Алексеевича - д.т.н., главного специалиста АО Опытного конструкторского бюро "ГИДРОПРЕСС" содержит следующие замечания:

«1) В автореферате ничего не сказано про правомерность моделирования двухфазного пароводяного потока газожидкостным. Ведь в газожидкостном потоке нет генерации пара на обогреваемых поверхностях, нет конденсации на холодных участках. Поэтому локальные характеристики потока будут различаться.

2) В автореферате ничего не сказано, как можно использовать полученные результаты по интенсификации теплообмена из-за установки в пучок стержней различных типов Д[истанционирующих]Р[ешеток]. То, что ДР интенсифицируют теплообмен в пучках стержней известно давно. Но как далеко по течению распространяется фактор интенсификации, пока не ясно. Ни каких четких рекомендаций, как часто устанавливать ДР в пучке, автор не дал.

3) При описании явлений, происходящих при малой течи теплоносителя из пароводяного контура П[аро-]Г[енератора] Р[еакторной]У[становки] в контур с Т[яжелым]Ж[идко-]М[еталлическим]Т[еплоносителем], не приведено никаких конкретных рекомендаций, как рассчитывать повышение давления в контуре с расплавленным металлом и как увеличивается его объем. А то, что в этой аварии происходит повышение давления, и растет уровень в буферной емкости, мы заметили еще в 80-е годы при работах со свинцово-висмутовым теплоносителем.

4) Полученные автором результаты исследований очень важны для научного понимания поставленных вопросов, для построения расчетных моделей математиками. Однако, пока четких рекомендаций для конструкторских организаций, как использовать эти данные при проектировании, не дано».

Отзыв Урманчеева Саида Федоровича - д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника лаборатории "Механика многофазных сред" Института механики им. Р.Р. Мавлютова - обособленного структурного подразделения ФГБНУ Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, содержит следующее замечание:

«Значительный интерес вызывает вопрос о критериях подобия, управляющих процессами взаимодействия теплоносителей с пузырями пара или газа в каналах ЯЭУ. Например, эксперименты по формированию пузырей при малой течи жидкометаллического теплоносителя второго контура в парогенераторе реактора выполнены для расплава свинца и сплава Розе. С учётом сравнения с расчётами (Ogus, Prosperetti, 1993) этот факт мог бы служить для определения критериев подобия, управляющих отрывом пузырей и оценкой их скорости в каналах ЯЭУ, а также позволил бы экстраполировать результаты исследований при использовании более широкого перечня теплоносителей. Аналогичный анализ можно было бы выполнить и для других экспериментальных результатов, полученных в диссертации».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты и сотрудники ведущей организации являются признанными специалистами в областях науки, непосредственно связанных с темой диссертации. Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» является одним из лидеров в области теплофизики и теоретической теплотехники, в ней работают специалисты, которые могут дать полноценную экспертную оценку научной и практической значимости результатов работы (д.т.н., профессор С.М. Дмитриев, д.т.н., профессор В.В. Андреев, д.т.н., профессор В.И. Мельников и др.). Официальные оппоненты: д.т.н. О.В. Митрофанова, д.т.н. Э.А. Таиров и д.т.н. С.Е. Щеклеин - являются признанными специалистами в области теплофизики и теоретической теплотехники, ядерных энергетических установок, многофазных потоков. Оппоненты имеют многочисленные научные работы в области, изучению которой посвящена диссертационная работа, опубликованные в рецензируемых научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем экспериментальных исследований выявлены качественно новые закономерности течений в моделях тепловыделяющих сборок с дистанционирующими решетками различных конструкций при вариации диаметра и относительного расстояния между имитаторами твэлов, режима течения теплоносителя. Для двухфазных течений с внезапным расширением канала установлены особенности влияния пузырьков газа на теплообмен в отрывной и релаксационной областях потока, показана их взаимосвязь с

локальной гидродинамической структурой течения. Экспериментально установлены закономерности «взрывного» истечения дисперсной фазы в тяжелом жидкометаллическом теплоносителе (ТЖМТ), включающие определение скорости всплытия пузырей, получены данные об эволюции давления и свободного уровня теплоносителя. Получены характеристики смешения двух потоков ТЖМТ, имеющих разные температуры, определены закономерности распределений осредненной и пульсационной температуры стенок в области смешения в зависимости от расходов потоков с выявлением наиболее подверженных термоциклическим воздействиям областей.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что применительно к проблематике диссертации результативно раскрыты особенности возмущений дистанционирующими решетками локальных гидродинамических параметров одно- и двухфазных потоков и их влияние на теплообмен, установлены режимы течения нисходящего пузырькового потока с подавлением турбулентности и теплообменных процессов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что результаты и выводы диссертации могут быть использованы при проектировании узлов новых поколений реакторных установок и обосновании конструкторских решений. Результаты исследования используются в ФГБУН Институте проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, АО ОКБ «Гидропресс», АО «ОКБМ Африкантов» для настройки и верификации расчетных кодов, описывающих типовые сценарии при штатных и аварийных условиях эксплуатации РУ: теплогидравлика ТВС, процессов, происходящих в камерах смешения, а также при возникновении межконтурной неплотности в реакторе с ТЖМТ. Полученные данные могут быть рекомендованы для внедрения в образовательный процесс для обучения студентов профильных университетов.

Результаты исследований двухфазных потоков используются для верификации расчетных моделей, предложенных в ФГБУН Институте теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, ФГБУН Институте проблем безопасного развития атомной энергетики РАН и других организациях.

Оценка достоверности результатов исследования показала воспроизводимость результатов исследования в различных условиях; достоверность полученных результатов обеспечена повторением серий экспериментальных измерений, использованием надежных

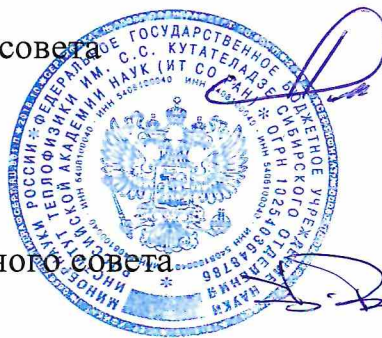
экспериментальных методов, проведением калибровочных процедур в канонических течениях, сравнением полученных данных с известными зависимостями, дублированием методов измерений.

Личный вклад соискателя состоит в участии в постановке задач диссертационного исследования, создании экспериментальных стендов лично автором или в составе научного коллектива, создании и отладке методов измерений, проведении экспериментальных исследований и обработке полученных данных, включая оригинальные подходы, подготовке публикаций по материалам исследований.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация Лобанова Павла Дмитриевича «Экспериментальное моделирование локальной гидродинамики и теплообмена в элементах ядерных энергетических установок» представляет собой научно-квалификационную работу, в которой получен ряд приоритетных экспериментальных результатов по локальному теплообмену и гидродинамике в элементах реакторных установок с водяным и тяжелым жидкометаллическим теплоносителями, необходимых для обоснования проектных решений, используемых на предприятиях атомной энергетики Российской Федерации для обоснования безопасной эксплуатации ядерных энергетических установок.

На заседании 23.03.2022 диссертационный совет принял решение присудить Лобанову Павлу Дмитриевичу ученую степень доктора технических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 13 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали за - 21, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного совета
академик РАН



С.В. Алексеенко

Ученый секретарь диссертационного совета
профессор РАН

В.В. Терехов