

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д 212.173.02 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 23 декабря 2021 протокол № 3

О присуждении Карпову Павлу Николаевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Теплообмен при испарительном охлаждении поверхности многоструйным импульсным спреем» в виде рукописи по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника, принята к защите 22 октября 2021 г., протокол № 6 диссертационным советом Д 212.173.02 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования РФ, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Карпов Павел Николаевич 1990 года рождения, гражданин России, в 2013 г. окончил с отличием Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный технический университет» по направлению 160100 – «Авиастроение», присуждена квалификация магистр. В 2017 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук по специальности

01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника, нормативный период обучения с 09.07.2013 г. по 08.07.2017 г. (г. Новосибирск). В период подготовки диссертации с 2013 года и по настоящее время, соискатель, Карпов Павел Николаевич, работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук в лаборатории термогазодинамики в должности младший научный сотрудник. Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии.

Научный руководитель – профессор, доктор технических наук Терехов Виктор Иванович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии, лаборатории термогазодинамики, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Кузнецов Гений Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова, профессор, г. Томск;

Щеклеин Сергей Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии, заведующий, г. Екатеринбург.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ») в своем

положительном заключении, подписанном заведующим кафедрой ОФиЯС, доктором технических наук, член-корреспондентом РАН А.В. Дедовым и профессором кафедры ИТФ Ю.А. Кузма-Кичтой и утвержденном проректором по научной работе, доктором технических наук, профессором Драгуновым В.К., указала, что соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 2 статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Карпов, П.Н.** Испарительное охлаждение импульсным спреем бинарного раствора этанола и воды / П.Н. Карпов, А.Д. Назаров, А.Ф. Серов, В.И. Терехов // Письма в журнал технической физики. – 2015. – Т. 41. – Вып. 14. – С. 8 – 15.
2. **Карпов, П.Н.** Импактная система охлаждения импульсным воздушно-капельным потоком / А.Ф. Серов, А.Д. Назаров, В.Н. Мамонов, Н.Б. Миськив, П.Н. Карпов // Теплофизика и Аэромеханика. – 2021. – Т. 28, № 5.
3. **Karpov, P. N.** Unsteady heat transfer at impinging of a single spray pulse with various durations / V.I. Terekhov, P.N. Karpov, A.D. Nazarov, A.F. Serov // Int. J. Heat and Mass Transfer. – 2020. – V. 158. – 120057.
4. **Karpov, P.** Hydrodynamics and heat and mass transfer during impact irrigation by a system of jets of a vertical surface of a heat exchanger / P. Karpov, A. Nazarov, A. Serov, V. Terekhov // Proc. 16th Int. Heat Transfer Conference. Beijing. – 2018. – P. 6837 – 6843.

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов, все отзывы положительные:

1. Ведущая организация – Дедов Алексей Викторович доктор технических наук, член-корреспондент РАН и профессор Ю.А. Кузма-Кичта, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», отметили, что проведенного анализа современного состояния вопроса не достаточно для полного раскрытия ранее выполненных работ; нет данных о тарировке датчика теплового потока; не показано, как измерялась средняя и локальная температура стенки при определении соответствующих коэффициентов теплоотдачи; почему не выполнены исследования при других значениях температуры.

2. Официальный оппонент Кузнецов Гений Владимирович доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник научно-образовательного центра И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики, Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», отметил, что в работе нет описания измерений однородности распределения капельного потока; попытка обобщения полученных автором диссертации экспериментальных данных в виде зависимости числа Нуссельта от числа Рейнольдса в рукописи не обоснована.

3. Официальный оппонент Щеклеин Сергей Евгеньевич доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой атомных станций и возобновляемых источников энергии, Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», сделал замечания: недостаточно четко представлены данные об изменении размера капель в зависимости от удаления источника.

4. Исаев Сергей Александрович доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией фундаментальных исследований, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации», отметил, что не совсем четко указано, в каком порядке расположены жидкостные и газовые сопла на источнике; влияет ли компоновка на создание близкого к однородному распределение капель.

5. Архипов Владимир Афанасьевич доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом газовой динамики и физики взрыва Научно-исследовательского института прикладной математики и механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», указал, что автор не отмечает степень оригинальности конструкции данного стенда; нет обоснования выбора хладагента (вода и водно-спиртовые растворы); нет информации о конструкции и даже принципе действия одного из основных используемых автором средств измерений – датчике локального теплового потока.

6. Ковальногов Владислав Николаевич доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой тепловой и топливной энергетики, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный технический университет» делает замечание, что не представлено в явном виде влияние вариации давления перед форсунками на величину коэффициента теплоотдачи потока при использовании воды и этанола в качестве хладагента; при испарительном охлаждении поверхности водно-спиртовым раствором не указано наличие (отсутствие) воздуха в охлаждающем потоке.

7. Сапожников Сергей Захарович доктор технических наук, профессор, директор научно-образовательного центра «Теплофизика в энергетике», Федерального государственного автономного образовательного учреждения

высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», подчеркнул, что отсутствуют сведения о неопределённости, с какой найдены и рассчитаны физические величины и параметры теплообмена.

8. Теплицкий Юрий Семенович доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник, Государственное научное учреждение «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова» Национальной академии наук Беларуси, отметил, что корреляционные соотношения для расчета теплообмена импактной струи не содержат числа Прандтля, что ограничивает область их применения.

9. Виноградов Андрей Владимирович доктор физико-математических наук, доцент, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики Уральского отделения Российской академии наук, прислал отзыв без замечаний.

Выбор официальных оппонентов обосновывается высокой квалификацией специалистов, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации. Так, область научных интересов доктора физико-математических наук, профессора Кузнецова Геня Владимировича связана с физическим и математическим моделированием процессов тепломассопереноса при испарении капель в сложных условиях; доктора технических наук, профессора Щеклеина Сергея Евгеньевича – термодинамика ядерных энергетических установок, проблемы атомной энергетики и теплофизики многофазных систем.

Выбор ведущей организации ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», обусловлен широкой известностью и достижениями в области гидродинамики и интенсификации тепломассообмена при фазовых превращениях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан перспективный источник многоструйного газочапельного потока с возможностью работы в широких диапазонах программируемых начальных условий при изменении в широких пределах длительности импульса подачи капельной фазы и частоты их повторения, давления перед жидкостными и воздушными соплами;

установлено, что основным фактором, определяющим интенсивность теплообмена спрея, является массовая скорость охлаждающей жидкости;

показано, что наличие спутного потока газа оказывает интенсифицирующий эффект на теплоперенос (более чем в 2 раза). Это происходит в основном за счет турбулизации пристенного слоя и вторичного возврата капель, отраженных от теплообменной поверхности;

предложена новая конструкция теплообменника – калориметра с максимальной неопределенностью измерения интегральной теплоотдачи не более 3 % при тепловых граничных условиях $T_{ст} = const$;

показано, что для коротких импульсов ($t_{имп} < 10$ мс) наблюдается один максимум теплового потока, приходящийся на момент столкновения цуга капель с поверхностью. Для длительных импульсов появляется еще один максимум, вызванный бомбардировкой каплями жидкой пленки. Для всех исследованных режимов продолжительность интенсивной теплоотдачи не превышает ~ 100 мс.

Опытные данные о влиянии состава охлаждающей жидкости **показали**, что при концентрации этанола в смеси $K \sim 50...60$ % коэффициент средней во времени теплоотдачи имеет максимум. При этом, несмотря на более высокий уровень скрытой теплоты парообразования у воды, его величина оказалась ниже, чем при использовании этанола, что объясняется более высокой скоростью его испарения. Параметр тепловой эффективности спрея возрастает по мере сокращения длительности импульсов подачи жидкой фазы и увеличения содержания этанола в бинарной смеси охлаждающей жидкости.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

внедрены при создании эффективной системы охлаждения высоковольтных сильноточных полупроводниковых сборок в Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера и в Высшем колледже информатики Новосибирского национального исследовательского университета (НГУ) при создании лабораторных работ по изучению динамики двухфазных потоков.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ – достоверность полученных количественных данных обеспечена: использованием современных измерительных методов и устройств при исследовании гидродинамических и тепловых характеристик, методик и оборудования, хорошо зарекомендовавших себя на практике; повторяемостью и согласованностью результатов измерений, осуществленных в разное время, проведением анализа неопределенности результатов измерений; проведенный анализ неопределенности измерения интегрального теплового потока показал, что максимальная ее величина не превышает 5,7 %; неопределенность измерения локального коэффициента теплоотдачи ГДТП не превышает 1 %;

применение современных методик измерения, таких как определение толщины пленки с помощью емкостных датчиков, получение данных о величине локального коэффициента теплоотдачи с установленного на поверхности градиентного датчика теплового потока и системы сбора и обработки опытной информации;

обоснованность полученных эмпирических соотношений для расчетов интенсивности теплообмена при испарительном газочапельном охлаждении поверхностей;

соответствие полученных результатов и выводов известным данным, полученным ранее по рассматриваемой тематике.

Личный вклад соискателя. Все результаты без ссылок на другие источники принадлежат автору. В случае коллективных публикаций, вклад авторов равнозначный. Модернизация и совершенствование новых измерительных методик, проведение экспериментальных исследований, обработка и анализ полученных данных выполнены автором самостоятельно. Основные выводы и результаты, выносимые на защиту, выполнены соискателем лично.

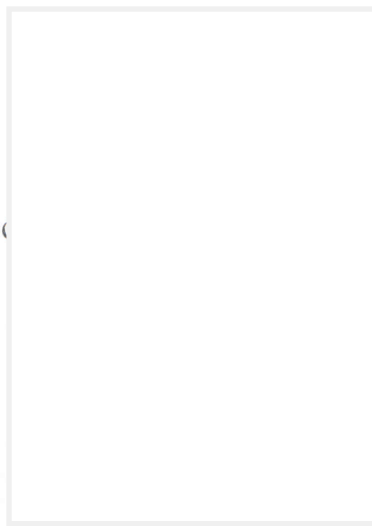
Диссертация представляет собой законченное и самостоятельное исследование, в котором впервые проведен комплекс экспериментальных исследований нестационарного теплообмена при взаимодействии импульсного многосоплового спрея с вертикальной поверхностью в режиме испарительного охлаждения. Изучено влияние длительности импульса (2 – 50 мс), частоты их следования (1 – 50 Гц), давления газа на входе (0,05 – 0,2 МПа), его скорости (0 – 20 м/с) и состава капельной фазы на интенсивность теплообмена и параметр тепловой эффективности. Установлено, что основным фактором, определяющим интенсивность теплообмена спрея, является массовая скорость охлаждающей жидкости. Изучена нестационарная теплоотдача от одиночного во времени импульса спрея различной длительности. Опытные данные о влиянии состава охлаждающей жидкости показали, что при концентрации этанола в смеси $K \sim 50...60$ % коэффициент средней во времени теплоотдачи имеет максимум.

На заседании 23 декабря 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить **Карпову Павлу Николаевичу** ученую степень кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 10 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человек,

входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени 15, против присуждения ученой степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета,
доктор физико-математических наук,
академик РАН



С.В. Алексеенко

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

О.В. Боруш

23 декабря 2021 года