

Заключение диссертационного совета Д.003.053.01 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 20.02.2019 г. № 3 / 2019

О присуждении Черданцеву Андрею Викторовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация "Волновая структура пленки жидкости и процессы обмена дисперсной фазой в дисперсно-кольцевом газожидкостном течении" по специальности 01.02.05 - механика жидкости, газа и плазмы, принята к защите 17.10.2018 г. (протокол заседания № 12/2018) диссертационным советом Д003.053.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН), 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 1, приказ о создании диссертационного совета №105/НК от 11.04.2012 г.

Соискатель Черданцев Андрей Викторович, 1981 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук "Исследование свойств волн возмущения и капиллярной ряби в дисперсно-кольцевом течении" защитил 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 в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук. Диссертация выполнена в Лаборатории процессов переноса Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты: Вараксин Алексей Юрьевич, д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН, профессор, ФГБУН Объединенный институт высоких температур РАН, Отдел гидродинамических и тепловых процессов в двухфазных потоках, заведующий отделом; Бойко Виктор Михайлович, д.ф.-м.н., доцент, ФГБУН Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН, Лаборатория оптических методов диагностики газовых потоков, заведующий лабораторией; Ягов Виктор Владимирович, д.т.н., профессор, Национальный исследовательский университет "Московский энергетический институт", Кафедра инженерной теплофизики, профессор, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБУН Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном доктором физико-математических наук, профессором, заведующим Отделом перспективных исследований и математического моделирования,

Головизниным Василием Михайловичем, указала, что: "Полученные результаты можно использовать для развития существующих и разработки принципиально новых теоретических и численных моделей течения обдуваемых газом пленок жидкости, а также для верификации моделей. Такие модели могут быть имплементированы в промышленные коды, используемые при создании и эксплуатации промышленных установок, в том числе, в термогидравлических кодах ядерных реакторов. Материалы диссертации рекомендуется использовать специалистам ИБРАЭ РАН, ОИВТ РАН, МЭИ, ИАТЭ и других организаций, занимающихся исследованием гидродинамики многофазных потоков в различных практических приложениях".

Соискатель имеет 125 работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 25 работ в рецензируемых научных изданиях, из них в изданиях из списка ВАК 20 работ (содержат в сумме 235 страниц). Недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Вклад автора состоит в постановке задач, проведении экспериментов, обработке и анализе экспериментальных данных, подготовке результатов исследований к публикации. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Alekseenko S.V., Antipin V.A., Cherdantsev A.V., Kharlamov S.M., Markovich D.M. Two-wave structure of liquid film and waves interrelation in annular gas-liquid flow with and without entrainment // *Physics of Fluids*. - 2009. - Vol. 21. - P. 061701-061704.
2. Alekseenko S.V., Cherdantsev A.V., Heinz O.M., Kharlamov S.M., Markovich D.M. Analysis of spatial and temporal evolution of disturbance waves and ripples in annular gas-liquid flow // *International Journal of Multiphase Flow*. - 2014. - Vol. 67. - P. 122–134.
3. Cherdantsev A.V., Hann D.B., Azzopardi B.J. Study of gas-sheared liquid film in horizontal rectangular duct using high-speed LIF technique: three-dimensional wavy structure and its relation to liquid entrainment // *International Journal of Multiphase Flow*. - 2014. - Vol. 67. - P. 52–64.
4. Alekseenko S.V., Cherdantsev A.V., Cherdantsev M.V., Isaenkov S.V., Markovich D.M. Study of formation and development of disturbance waves in annular gas-liquid flow // *International Journal of Multiphase Flow*. - 2015. - Vol. 77. - P. 65–75.
5. Cherdantsev A.V., Hann D.B., Hewakandamby B.N., Azzopardi B.J. Study of the impacts of droplets deposited from the gas core onto a gas-sheared liquid film // *International Journal of Multiphase Flow*. - 2017. - Vol. 88. - P. 69–86.

На автореферат диссертации поступило 7 отзывов. Все отзывы положительные, часть из них содержит замечания. В отзывах отмечено, что диссертация выполнена на высоком научном уровне, тема исследования является актуальной, результаты работ имеют теоретическую и практическую значимость и вносят вклад в понимание физики дисперсно-кольцевых потоков и развитие экспериментальных методов. В отзыве д.ф.-м.н. Ерманыка Евгения Валерьевича, заместителя директора Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, содержится замечание: "Не совсем понятно, оказывает ли какое-либо влияние на изучаемые явления степень турбулентности набегающего воздушного потока?"

Возможен ли контроль и систематическая вариация этого параметра?". В отзыве д.ф.-м.н. Кузнецова Геня Владимировича, гл.н.с. НОЦ И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики Томского политехнического университета, содержится замечание: "Недостатком автореферата является предельная лаконичность подписей к некоторым рисункам, существенно усложняющая их понимание. Так, например, подпись к рис.11а (влияние расхода жидкости, вода) не соответствует размерности переменной оси абсцисс - м/с. Аналогично подпись к рис. 11б (влияние вязкости жидкости) не соответствует размерности переменной оси абсцисс - м/с. Более того, словосочетание «Влияние вязкости жидкости» в подписи к рисунку не подкреплено экспериментальными данными этого рисунка - изменение вязкости не приводит к сколько-нибудь значимым изменениям характеристики процесса V/V_d ". В отзыве д.т.н. Трушлякова Валерия Ивановича, профессора кафедры "Авиа- и ракетостроение" Омского государственного технического университета, содержатся замечания: "К замечаниям, как следует из представленного автореферата, можно отнести отсутствие метрологических характеристик уникального измерительного комплекса, на котором получены результаты диссертации, а также недостатки в оформлении рисунков, в частности, не соблюдено единообразие единиц измерения и языка". В отзывах д.ф.-м.н. Калайдина Евгения Николаевича, профессора кафедры Прикладной математики Кубанского государственного университета, д.ф.-м.н. Губайдуллина Амира Анваровича, директора Тюменского филиала Института теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН, д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН Губайдулина Дамира Анваровича, руководителя Института механики и машиностроения КазНЦ РАН, д.ф.-м.н. Любимовой Татьяны Петровны, заведующей Лабораторией вычислительной гидродинамики Института механики сплошных сред УрО РАН, замечаний не содержится.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются признанными специалистами в областях, непосредственно связанных с темой диссертации: чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н. Вараксин А.Ю. является специалистом в области механики турбулентных газожидкостных потоков; д.ф.-м.н. Бойко В.М. является специалистом по процессам диспергирования жидкости в газовом потоке; д.т.н. Ягов В.В. является специалистом по гидродинамике и теплообмену в дисперсно-кольцевом течении. Ведущая организация является признанным лидером в области разработки фундаментальных основ технологий атомной энергетики; дисперсно-кольцевой режим течения реализуется в штатных и аварийных ситуациях в ядерных реакторах различных типов. Сотрудники ИБРАЭ РАН д.ф.-м.н. Головизнин В.М., д.ф.-м.н. Филиппов А.С., д.ф.-м.н. Семенов В.Н. могут дать полную экспертную оценку достоверности, научной и практической значимости результатов работы.

Диссертационный совет отмечает, что соискателем разработана новая концепция образования многомасштабных волн и их роли в процессах генерации и осаждения капель в дисперсно-кольцевом газожидкостном течении, основанная на экспериментально выявленных качественно новых представлениях. Применительно к исследованию волновых процессов на обдуваемых газом

пленках жидкости разработан новый экспериментальный метод лазерно-индуцированной флюоресценции. Панорамные измерения с высоким пространственным и временным разрешением позволили повысить точность измерений и исключить неоднозначность трактовки наблюдаемых явлений. Впервые выявлены качественные изменения волновой структуры тонких пленок жидкости при повышении скорости газа в режимах без уноса жидкости. Обнаружено явление генерации волн быстрой и медленной ряби на задних склонах волн возмущения. Впервые определен механизм формирования волн возмущения и взаимосвязь между механизмами срыва капель и трехмерной структурой волн быстрой ряби. Обнаружены новые сценарии взаимодействия капель с волновой поверхностью жидкости, различающиеся выходом удара и условиями реализации. Обнаружены новые механизмы захвата воздуха поверхностью жидкости. Введены новые понятия "первичные и вторичные волны", "волны быстрой и медленной ряби", изменена трактовка существующего понятия "волны возмущения".

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что получены новые представления о динамике волновых процессов и процессов обмена дисперсной фазой, а также о взаимосвязи между волновыми процессами и процессами обмена дисперсной фазой. Данная картина позволяет упорядочить существующие представления и отсеять ряд гипотез, высказанных ранее, что приводит к значительному усложнению существующих представлений. Продемонстрирована необоснованность ряда упрощающих предположений, таких как: независимость волн ряби от волн возмущения; формирование волн возмущения вследствие неустойчивости поверхности пленки к длинноволновым возмущениям; представление о гладкой волне возмущения и гипотезы о механизмах срыва капель. Проведена модернизация существующих методов измерений и обработки данных.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработаны новые методы измерений и обработки данных, применимые к исследуемой задаче и смежным задачам. Проведен критический анализ существующих моделей. Создана экспериментальная база для качественной и количественной верификации существующих и развития новых теоретических и численных моделей дисперсно-кольцевого течения. Такие модели могут быть использованы для развития промышленных кодов, что позволит повысить безопасность и эффективность при проектировании и эксплуатации аппаратов тепловой и атомной энергетики, химической и нефтегазовой промышленности. Полученные результаты могут быть использованы специалистами ИБРАЭ РАН, ОИВТ РАН, МЭИ, ИАТЭ, НИКИЭТ, ИТПМ СО РАН и других организаций.

Оценка достоверности исследований выявила, что в работе был применен метод лазерно-индуцированной флюоресценции, позволяющий проводить полевые измерения локальной толщины пленки жидкости с высоким пространственным и временным разрешением, одновременно с параметрами дисперсной фазы. Достоверность измерений подтверждена анализом

погрешностей измерительной методики, прямым сравнением с независимыми методами измерений, а также сравнением результатов измерений с известными данными.

Личный вклад автора состоит в постановке задач, планировании и проведении экспериментальных исследований, адаптации ЛИФ-метода к исследованию волновой структуры обдуваемых газом пленок жидкости, разработке модификации метода с целью изучения динамики дисперсной фазы одновременно с волновой структурой, развитии алгоритмов автоматической обработки данных для различных режимов течения, проведении обработки данных и анализа полученных закономерностей, сравнении с литературными данными и результатами моделирования, анализе существующих эмпирических и теоретических моделей, подготовке публикаций по выполненной работе, формулировке выводов по диссертации.

Диссертационным советом сделан вывод, что диссертация Черданцева Андрея Викторовича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований гидродинамики дисперсно-кольцевых потоков разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области гидродинамики многофазных течений, и соответствует критериям п. 9 "Положения о порядке присуждения ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 29.04.2013 г.

На заседании 20 февраля 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Черданцеву А.В. ученую степень доктора физико-математических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 21, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета,
д.ф.-м.н., академик РАН

Фомин Василий Михайлович

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.ф.-м.н.

Кузнецов Владимир Васильевич



22.02.2019