

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.14

Соискатель: Назаров Владислав Сергеевич

Тема диссертации: «Численное моделирование процессов фазового перехода в технологических установках».

Специальность: 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

Решение диссертационного совета по результатам защиты: На заседании 24 декабря 2021 года, протокол № 9, диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Назарову Владиславу Сергеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

Присутствовали: Красильников П.С. – *председатель*, Гидаспов В.Ю. – *ученый секретарь*, а также члены диссертационного совета: Холостова О.В., Бардин Б.С., Бишаев А.М., Буров А.А., Колесник С.А., Косенко И.И., Котельников В.А., Котельников М.В., Никитченко Ю.А., Овчинников М.Ю., Рябов П.Е., Формалев В.Ф., Ципенко А.В., Черепанов В.В., Шамолин М.В.

Председатель диссертационного
совета Д 212.125.14,
доктор физико-математических наук,
профессор

Красильников
Павел Сергеевич

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.14,
доктор физико-математических наук



Гидаспов Владимир
Юрьевич

Научный секретарь
Т.А. Жукина

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.14,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 24 декабря 2021 г. № 9

О присуждении Назарову Владиславу Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Численное моделирование процессов фазового перехода в технологических установках», представленная к защите по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы», принята к защите 21.10.2021 г., протокол № 6, созданный на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д.4, приказ Минобрнауки РФ о создании совета - № 714/НК от 02.11.2012.

Соискатель Назаров Владислав Сергеевич, 1993 года рождения, в 2017 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 01.04.04 «прикладная математика» с присуждением

квалификации «Магистр» (диплом серия 107718 номер 0961500 от 30.06.2017 г.).

В период с 2017 г. по 2021 г. проходил обучение в очной аспирантуре на кафедре 806 «Вычислительная математика и программирование» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика» (диплом серия 107718 номер 1179015 от 09.07.2021 г).

В настоящее время Назаров В.С. работает в должности ведущего инженера в ПАО «НПО «Алмаз».

Диссертация выполнена на кафедре 806 «Вычислительная математика и программирование» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры «Молекулярные процессы и экстремальные состояния вещества» Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (МГУ имени М.В. Ломоносова или МГУ) Иванов Игорь Эдуардович.

Официальные оппоненты:

1. Быков Николай Юрьевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Центра перспективных исследований Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого
2. Ястребов Арсений Константинович, кандидат технических наук, доцент кафедры низких температур Национального исследовательского университета «МЭИ»

Все оппоненты дали положительное заключение о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждения науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского (ИПМех РАН) (119526, Москва, пр-т Вернадского, д. 101, корп. 1) представила положительный отзыв, который подписан заведующим Лаборатории радиационной газовой динамики ИПМех РАН, профессором, академиком РАН Суржиковым Сергеем Тимофеевичем и утвержден заместителем генерального директора ИПМех РАН, доктором технических наук В.И. Каревым.

В отзыве ведущей организации указано, что диссертация Назарова В.С. «Численное моделирование процессов фазового перехода в технологических установках» выполнена на высоком физико-математическом уровне, а проведенные в работе исследования являются научно-обоснованными и имеют практическую значимость в области моделирования течений с фазовыми переходами. Результаты диссертационной работы предлагается использовать в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах в авиационно-космической промышленности. Диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, удовлетворяющую всем требованиям, предъявляемым ВАК России к кандидатским диссертациям по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, а её автор, Назаров Владислав Сергеевич, несомненно, заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата физико-математических наук.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Не приведена валидация и верификация предлагаемой автором модели гомогенно-гетерогенной конденсации
2. В пятой главе диссертации используется для расчета эжекторного устройства очистки модель турбулентности, которая не позволяет корректно воспроизвести турбулентность в пристеночном слое.

3. Не приведен учет влияния турбулентности потока на скорость роста кластеров и нуклеацию.

4. Численный эксперимент по исследованию истечения аргона из микросопла в вакуумную камеру и скиммер (вторая глава) показал, что капли, образовавшиеся в сопле и струе, испаряются практически полностью, при прохождении смеси через ударную волну перед скиммером. Это не позволяет при таком режиме получить кластерные пучки. Автору следовало бы найти режим, при котором в данном устройстве существовал бы устойчивый поток кластеров на выходе.

Диссертационная работа обсуждена и одобрена на семинаре Лаборатории радиационной газовой динамики ИПМех РАН, по результатам которого был утвержден отзыв.

Соискатель имеет 16 работ по теме диссертации, из которых 8 публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и/или из МСЦ, автором получен патент на полезную модель.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Назаров В. С. Приложение моментного метода для моделирования гетерогенной конденсации и испарения //Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2021. Т.22, вып. 5.
2. Ivanov I.E., Nazarov V.S., Kryukov I.A. The Investigation of the Evolution of Cluster Beam Development in the Nozzle-Skimmer System в журнале Smart Innovation, Systems and Technologies, издательство Springer Nature (Switzerland), том 217, с. 69-85 (2021 г.)
3. Nazarov V.S., Ivanov I.E., Kryukov I.A. Numerical study of gas-dynamic and condensation processes in an ejector device used to purify gas-air emissions в журнале IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, издательство - (Krakow), том 927, № 012063, с. 012063-1-012063-7 (2020 г.)
4. Ivanov I.E., Nazarov V.S., Gidasov V.Yu, Kryukov I.A. Numerical Simulation of the Process of Phase Transitions in Gas-Dynamic Flows in Nozzles and Jets в сборнике Advances in Theory and Practice of Computational Mechanics, издательство Springer Singapore (Singapore), с. 133-151 (2020)
5. Nazarov V.S., Ivanov I.E., Kryukov I.A., Gidasov V.Y. Modeling the dynamics of a gas-droplet substance in nozzles, taking into account the phase

transition в журнале Journal of Physics: Conference Series, издательство IOP Publishing ([Bristol, UK], England), том 1250, с. 012026-1-012026-10 (2019 г.)

6. Гидаспов В.Ю., Иванов И.Э., Назаров В.С., Малашин Ф.А., Крюков И.А. Исследование процесса конденсации в соплах с большой степенью расширения в журнале Физико-химическая кинетика в газовой динамике, издательство Институт механики МГУ (Москва), том 19, № 2, с. 1-17 (2018 г.)

7. Назаров В.С., Иванов И.Э., Агеев В.И., Феофилактов В.А. Результаты расчета сверхзвукового потока в канале прямоугольного сечения с колеблющейся перфорированной стенкой в журнале Вестник воздушно-космической обороны, том 3, № 15, с. 104-110 (2017 г.)

8. Назаров В.С., Ларина Е.В., Смоляков А.А., Иванов И.Э., Крюков И.А. Численное исследование сверхзвукового обтекания затупленного конуса в журнале Вестник компьютерных и информационных технологий, № 8, с. 24-29 (2017 г.)

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все отзывы положительные).

Отзыв на диссертацию официального оппонента, доктора физико-математических наук Быкова Николая Юрьевича, заверенный ведущим специалистом по кадрам Пепельнициной Татьяной Юрьевной:

1) Во введении и далее по тексту диссертации упоминается классическая теория нуклеации (КТН) “Беккера-Дьюринга-Зельдовича”. Во-первых, общепринятое написание фамилии немецкого физика - Дёринг (Вернер Дёринг). Здесь можно упомянуть, например, монографии Стернина (1974г), Горбунова, Пирумова, Рыжова (1984г), да и просто данные Википедии. Во-вторых, теорию принято называть в русскоязычной литературе теорией Беккера-Дёринга-Зельдовича-Френкеля, поскольку имя Якова Ильича Френкеля также принято ассоциировать с развитием КТН. Соответствующая ссылка на работу Я.И. Френкеля имеется и в диссертационной работе (ссылка [11]).

2) Во введении сформулированы цели и задачи диссертационной работы. Параграф, посвященный целям диссертации, на мой взгляд перегружен

излишними деталями. Например, в перечислении целей работы фигурирует “Провести верификацию предложенных моделей и валидацию вычислительного алгоритма” и пр. На мой взгляд, цель работы должна быть сформулирована более лаконично. Возможно, за счет коррекции первого предложения параграфа - “ Цель диссертационной работы состоит в том, чтобы построить математическую модель вязкого течения многокомпонентной сжимаемой среды с учетом возможности осуществления фазового перехода в ней и расширить область возможных прикладных приложений конденсации в технологических установках”. Также в упомянутой формулировке, логично было бы более явно связать “расширение области прикладных приложений” с первой частью, касающейся разработки перспективной математической модели.

3) В диссертации приводится формула (1.22) для скорости нуклеации. В формуле содержатся поправки на нестационарность процесса, кривизну поверхности капли и множитель, корректирующий начало процесса нуклеации. Однако, в описании многочисленных расчетов далее по тексту диссертации не указано использовались эти поправки или нет, и если использовались, то какие значения этих корректирующих множителей были реализованы в каждом конкретном случае. Исключением является параграф 2.3.2 “Корректировка математической модели конденсации на базе теории Хагены”, где часть параметров подбиралась с целью получения совпадения результатов расчетов автора с данными теории Хагены. Важным параметром в формуле (1.22) является коэффициент конденсации, который в общем случае может существенно отличаться от единицы. Соответствующие значения коэффициента конденсации также не указаны для представленных расчетов. Для коэффициента конденсации в диссертации используются разные обозначения.

4) Автор диссертации в расчетах гомогенной конденсации и конденсации смешанного типа (гомогенной- гетерогенной конденсации) использует выводы КТН — формулы для скорости зародышеобразования (упомянутую

выше формулу (1.22) и радиуса критического зародыша. Однако широко известны недостатки КТН, к которым относятся использование понятия поверхностного натяжения для малых кластеров; предположение о равенстве температуре пара и кластеров; КТН предсказывает размер критического зародыша по числу мономеров в нем меньшим единицы для больших пересыщений и пр. Не совсем понятно, почему диссертант пользовался только выводами КТН, а не привлекал альтернативные кинетические подходы, в том числе упоминаемые в диссертации.

5) В первой главе приводится описание нескольких моделей скорости роста капли. Во-первых, в названии одной из упоминаемых моделей “Герца-Кнута” содержится опечатка, это модель Герца-Кнудсена, в которой фигурирует имя датского ученого Мартина Кнудсена, занимавшегося, в том числе, исследованиями свободномолекулярных и разреженных течений газа. Во-вторых, далее по тексту работы не ясно какие именно модели из описанных в главе использованы в тех или иных расчетах, представленных в работе.

6) Согласно выводам параграфа 1.1 следует, что автор оптимизировал систему уравнений для расчета процессов конденсации в движущемся газе, введя параметр α_{max} , равный сумме массовых долей конденсирующегося пара и жидкой фазы и соответствующее уравнение для массовой доли конденсирующейся фазы. Однако не до конца ясно, в чем преимущества такой оптимизации, по отношению к подходам, в которых возможно использование нескольких уравнений, описывающих эволюцию во времени и пространстве массовых долей всех фракций. Если это преимущество является чисто вычислительным, то необходимы количественные оценки возможного выигрыша предлагаемого вычислительного алгоритма.

7) В параграфе 2.3.2 “Корректировка математической модели конденсации на базе теории Хагены” содержится ряд опечаток и не ясен алгоритм сравнения результатов моделирования с формулами Хагены. Во-первых, указанный параметр N представляет собой не концентрацию

кластеров, а среднее число мономеров в кластере. Во-вторых, в формуле (1.40) температура торможения должна быть в отрицательной степени. Не ясен смысл параметров a и α , параметр β — обозначен, как коэффициент аккомодации, хотя, скорее всего автор имел в виду коэффициент конденсации.

Формулы теории подобия Хагены предсказывают средний размер кластера в дальнем поле струи, для которого все процессы, приводящие к росту и распаду кластеров можно считать замороженными. В параграфе не хватает описания алгоритма сравнения, описания соответствующих расчетов с выделением локации в струе, для которой производился расчет среднего размера кластера.

8) В главе 3 описана модель гетерогенной нуклеации. Во-первых, при непосредственном описании модели диссертант не приводит ссылки на авторов этой модели. Во-вторых, не ясна физическая обоснованность модели, так как предполагается, что ядрами нуклеации могут быть не все частицы чужеродной фазы, а только те, чей размер превышает размер критического зародыша, который рассчитывается по параметрам конденсирующегося пара и никак не зависит от параметров самих частиц.

9) В главе 5 представлены результаты расчетов для турбулентного течения, однако оценки числа Рейнольдса для рассматриваемого течения отсутствуют. Также не указано, какие конкретные значения коэффициента C_s в модели Смагоринского используются в представленных расчетах.

10) В диссертации не приведено подробного описания вычислительных особенностей реализации математических моделей. А именно, на каком языке написаны программы, на каких компьютерах проводились расчеты, применялись ли методы распараллеливания, если расчет проводился на кластерных компьютерах, времени счета в зависимости от типа решаемых в диссертации задач и пр.

11) На мой взгляд, результаты решения полученных задач могли бы более подробно обсуждаться с физической точки зрения. Обогатили бы содержание

диссертации и дополнительные визуализированные данные, например, пространственные и/или осевые распределения скорости газа с учетом и без учета конденсации. Также в конце каждой главы неплохо было бы подвести ее основные результаты.

12) Список литературы содержит английские названия для русскоязычных оригиналов. Например, ссылка [46] на монографию Леонида Евгеньевича Стернина.

13) В диссертации приводятся редко употребляемые и не являющиеся общепринятыми термины — например, “ламинарная вязкость”.

14) Текст диссертации, включая формулы, содержит опечатки, лишь частично упомянутые в настоящем отзыве.

Отзыв на диссертацию официального оппонента, кандидат технических наук Ястребова Арсения Константиновича, заверенный заместителем начальника по работе с персоналом Л.И. Полевой. Отзыв положительный, содержит замечания:

1) При описании моделей для скорости роста капли (разделы 1.1.2 — 1.1.4) не указаны пределы применимости различных моделей. Формула Герца — Кнудсена некорректно названа формулой Герца — Кнута, для коэффициента конденсации β в этой формуле используется не вполне понятное название «множитель, корректирующий скорость роста капли».

2) В уравнениях Навье — Стокса (1.1) — (1.4) учитывается молекулярный перенос импульса и энергии (т.е. вязкие напряжения и тепловой поток, передаваемый за счет теплопроводности). В связи с этим непонятно, почему в уравнении для массовой доли конденсирующейся фракции (1.14) не учитывается перенос массы этой фракции за счет диффузии.

3) В разделе 2.2.2 выбрана не вполне удачная форма сравнения расчетных и экспериментальных данных: результаты расчетов с использованием различных методов сравниваются с экспериментальными данными по отдельности, прямое сравнение различных расчетных методов между собой отсутствует.

4) Подход, используемый для расчета скорости роста при анализе гетерогенной конденсации, фактически основан на тепловом балансе в квазистационарном приближении: уравнение (3.19) предполагает, что выделившееся при конденсации тепло полностью отводится в парогазовую среду. Возможность применения такого подхода требует дополнительного обоснования.

На автореферат диссертации поступило 4 отзыва. Все поступившие отзывы положительны. В поступивших отзывах отмечается актуальность и научная новизна диссертационного исследования, практическая значимость полученных результатов работы.

Федеральное автономное учреждение «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова». Отзыв подписан: научный сотрудник Федерального автономного учреждения «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова», доктор физико-математических наук Мартыненко Сергей Иванович, и заверен: ученый секретарь ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», доктор экономических наук, Е.В. Джамай. Отзыв положительный, в отзыве представлены замечания:

1. В настоящее время широкое распространение получили коммерческие пакеты прикладных программ для научно-технических расчётов. В частности, пакет ANSYS FLUENT позволяет осуществлять моделирование физических процессов, рассмотренных в диссертационной работе. Неизбежно возникает вопрос о сравнении представленных в диссертации моделей и методов с уже реализованными в широко распространённых пакетах прикладных программ.

2. Уравнение для определения скорости нуклеации (15) содержит большое количество эмпирических данных. Какова зависимость результатов моделирования от точности используемых эмпирических параметров?

3. Из каких соображений выбрана функция распределения инородных частиц (21) и почему возникает неопределённость при $r_{\min}=r_{\max}$?

4. Моделирование турбулентных газочапельных течений осложняется трудностью описания взаимодействия фаз, а также деформации, взаимодействия или дробления капель. К сожалению, в силу ограниченного объёма данные проблемы не нашли должного отражения в автореферате.

5. Выводы носят сугубо качественный характер, что не свойственно для диссертационных работ по естественным наукам

АО ГНЦ Центр Келдыша. Отзыв подписан: начальник отдела АО ГНЦ Центр Келдыша, доктор технических наук Д.М. Борисов, и заверен: ученый секретарь АО ГНЦ Центр Келдыша, Ю.Л. Смирнов. Отзыв положительный, в отзыве представлены замечания:

1. Подбор параметров модели по доступным данным, например, $\beta=0.1$, $g=1.325$ (с. 9) или $\beta=0.125$ (с.19) с последующим сравнением с результатами экспериментов или расчетными данными других авторов не представляется корректным способом валидации.

2. В автореферате имеется значительное количество грамматических и орфографических ошибок и опечаток, в частности, на с.7 написано «уравнение для эволюции массовой доли жидкой фазы α_{\max} (8)», когда следует писать α (8). Подписи на рисунках 2 и 17 практически невозможно прочитать.

ИТПМ СО РАН. Отзыв подписан: Старшим научным сотрудником ИТПМ СО РАН, доктор физико-математических наук Кудрявцев А.Н., и заверен: зав. канцелярии ИТПМ СО РАН Т.М. Крамарова. Отзыв положительный, в отзыве представлены замечания:

1. Мне лично остались непонятными вопросы, связанные с применением моментного подхода. Почему авторы рассматривают уравнения именно для трех моментов функции распределения, когда это работает и

когда становится недостаточным? Возможно, это следовало бы осветить в автореферате.

2. Еще одним недостатком являются присутствующие в автореферате опечатки. Совершенно непонятно, почему уравнение для продольной скорости включает компоненты тензора вязких напряжений τ_{xy} , и τ_{yx} , а для радиальной — τ_{xx} и τ_{yy} ; неправильными кажутся и формулы для самих этих компонент, где дивергенция скорости почему-то входит во внедиагональный элемент тензора τ_{xy} — см. системы уравнений (2-11) и (40-55). Плохо смотрятся и английские надписи на рисунках (например, рис. 10), где сокращения для слов *homogeneous* и *heterogeneous* выглядят как *gomogen* и *geterogen*.

Публичное акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва» (ПАО «РКК «Энергия»). Отзыв подписан: доктор технических наук, главный научный сотрудник ПАО «РКК «Энергия» Герасимов Юрий Иванович, кандидат физико-математических, ведущий научный сотрудник ПАО «РКК «Энергия» Журин Сергей Викторович, и заверен: ученый секретарь ПАО «РКК «Энергия», доктор физико-математических наук, О.Н. Хатунцева. Отзыв положительный, в отзыве представлены замечания:

1. Аббревиатуры ВД, ТНД не имеют расшифровки в тексте автореферата, расшифровка аббревиатуры ММ (метод моментов) приведена на стр. 6, а ее использование началось на стр. 3.

2. На рисунках 10, 12 и 13 нет подписей осей ординат.

3. На многих рисунках подписи осей, цифры на осях, на легендах, включая размерность градации цветов на рисунках 3, 4, 15 и 16, выполнены плохо читаемым мелким шрифтом.

4. Не корректно к читателю звучит фраза на стр. 11 «Значение теплофизических параметров для аргона приводятся в приложении к

диссертации». Думается, что лучше было привести диапазоны параметров, рассмотренных в численных экспериментах.

5. В тексте нет ссылки на рисунок 14, для которого не расшифрованы позиции 1-10. Здесь можно только догадываться что 1 — это сопло №1. А что такое «второе сопло» и «конфузор»? Можно предположить, что этот рисунок является принадлежностью пояснительной записки к патенту [16], а текст второго абзаца на стр. 20 относится к рисункам 15 и 16, на которых отсутствуют позиции с пояснениями состава элементов «сопло №1, второе сопло, конфузор».

6. Во втором абзаце на стр. 19 необходимы дополнительные пояснения о используемом понятии концентрации твёрдых частиц и размерностях этой величины.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в отрасли наук, к которой относится диссертационная работа Назарова Владислава Сергеевича, что подтверждается наличием у них многочисленных публикаций по теме диссертации в рецензируемых изданиях за последние 5 лет.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных лично соискателем исследований:

- *реализован* численный метод моделирования газодинамических течений с фазовыми переходами.
- *предложен* способ учета неравномерности распределения массовой доли конденсирующейся фракции за счет использования дополнительного уравнения.
- *получены* значения коэффициентов конденсации и нуклеации для конденсации воды на основе экспериментов и полуэмперической теории Хагены.
- *предложен* новый способ расчета испарения в гетерогенном случае, который позволяет вернуться к первоначальной функции распределения твердых частиц по размеру.

- *предложен* новый подход, позволяющий вести учет наличия гомогенно-гетерогенного перехода при образовании кластеров в случае недостаточного количества активируемых частиц.
- *разработана* полезная модель, в которой *предложен* новый способ очистки газа на теплоэлектростанциях

Практическая значимость работы: заключается в возможности использования разработанных моделей и программного кода при расчёте течений при наличии фазовых превращений. Предложенная автором модель позволяет решать задачи, в которых в разных областях расчетной области может происходить гомогенная и гетерогенная конденсация и испарение.

Достоверность результатов подтверждается проведением верификации и валидации результатов численного моделирования: сравнением с расчётами других авторов и сопоставлением с экспериментальными данными.

Личный вклад: заключается в разработке алгоритмов и программного комплекса для решения модельных уравнений, проведении расчетов для технологических установок.

Диссертационная работа Назарова В.С. полностью удовлетворяет пунктам 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года «О порядке присуждения ученых степеней», представляет законченную научно-квалификационную работу, в которой проведены автором исследования актуальных задач численного моделирования течений с фазовыми переходами.

На заседании 24 декабря 2021 года протокол № 9 диссертационный совет принял решение присудить Назарову Владиславу Сергеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 9 докторов наук по специальности 01.02.05 –

«Механика жидкости, газа и плазмы», участвовавших в заседании; из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного
совета Д 212.125.14,
доктор физико-математических наук,
профессор

Красильников
Павел Сергеевич

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.14,
доктор физико-математических наук

Гидаспов Владимир
Юрьевич

24 декабря 2021 г.

Начальник отдела УДС МАИ

Т.А. Жукина

