

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
99.2.109.02, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВТОМОБИЛЬНО-
ДОРОЖНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (СИБАДИ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 18.03.2026 г. № 6

О присуждении Хаиту Анатолию Вильичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Разработка и реализация методологических основ расчета сложных закрученных турбулентных одно- и двухфазных течений в гидро- и пневмоаппаратах на основе гипотезы Буссинеска» **по специальности** 2.5.10 – «Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы» **принята к защите** 10.12.2025 г. (протокол заседания № 4) диссертационным советом 99.2.109.02, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования (ФГАОУ ВО) «Омский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 644050, г. Омск, пр. Мира, д. 11, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 644080, г. Омск, пр. Мира, д. 5. Приказ № 240/нк от 14.02.2023 г.

Соискатель Хаит Анатолий Вильич, 18 марта 1987 года рождения, в 2009 году окончил ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет - УПИ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по специальности «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика». Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.13 – «Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты» на тему «Исследование эффекта энергоразделения с целью улучшения характеристик вихревой трубы» защитил в 2012 году в диссертационном совете Д 212.178.09, созданном на базе ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет». В настоящее время работает доцентом кафедры «Гидромеханика и транспортные машины» в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Омский

государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Гидромеханика и транспортные машины» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор, Щерба Виктор Евгеньевич, работает в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Омский государственный технический университет» заведующим кафедрой «Гидромеханика и транспортные машины».

Официальные оппоненты:

Жарковский Александр Аркадьевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (СПбПУ), профессор Высшей школы энергетического машиностроения;

Целищев Владимир Александрович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» (УУНиТ), профессор кафедры прикладной гидромеханики;

Месропян Арсен Владимирович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ), директор института экосистем бизнеса и креативных индустрий
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» в своем положительном отзыве, подписанном Барановым Игорем Владимировичем, доктором технических наук, профессором, директором образовательного центра «Энергоэффективные инженерные системы», Иконниковой Анастасией Юрьевной, учёным секретарём Учёного Совета образовательного центра «Энергоэффективные инженерные системы» и утвержденном Никифоровым В.О., доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе, указала, что докторская диссертация Хаита А.В. является законченной научно-исследовательской квалификационной работой, выполненной самостоятельно на высоком научном уровне и обладающей внутренним единством.

В диссертации ясно определены цель и задачи исследования, а также сформулирована и решена научная проблема разработки методологии расчета турбулентных течений жидкости и газа для совершенствования рабочих процессов и характеристик гидропневмоаппаратов. Решенная научная проблема вносит вклад в энергетическую безопасность и технологическое развитие страны,

а следовательно, имеет важное хозяйственное и экономическое значение. Полученные соискателем результаты достоверны, а выводы и заключения обоснованы. Результаты исследования имеют убедительную практическую значимость, подтвержденную успешным промышленным внедрением. Автореферат и публикации соискателя полностью отражают содержание диссертации.

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г. Диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Хаит Анатолий Вильич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.5.10 – «Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы».

Соискатель Хаит Анатолий Вильич имеет по теме диссертации 54 опубликованные работы, из них 11 научных статей в изданиях 1-го уровня Q1 Единого государственного перечня научных изданий «Белый список» (Web of Science и Scopus), 7 научных статей в изданиях 2-го уровня Q2 Единого государственного перечня научных изданий «Белый список» (Web of Science и Scopus), 11 научных статей в журналах из перечня ВАК РФ, 3 патента РФ, 4 свидетельства РФ о регистрации программы для ЭВМ.

Авторский вклад соискателя заключается в теоретических и экспериментальных исследованиях, проведенных соискателем лично, объем которых в опубликованных работах составляет от 60 до 90%. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значительные работы по теме диссертации:

1. Носков, А.С., Ловцов, А.В., Хаит, А.В. Математическое моделирование эффекта энергоразделения Ранка-Хилша с целью увеличения энергетических характеристик вихревой трубы. // *Омский научный вестник*. – 2011. – №3(103). – С. 182 - 186. **(Категория К2 перечня ВАК)**

2. Носков, А.С., Ловцов, А.В., Хаит, А.В. Математическое исследование структуры газового потока в закручивающем аппарате вихревой трубы. // *Омский научный вестник*. – 2010. – №1(87). – С. 74 - 77. **(Категория К2 перечня ВАК)**

3. **Khait, A.**, Ma, Z. On an eddy viscosity model for energetic deep-water surface gravity wave breaking. // *Journal of Fluid Mechanics*. – 2021. – Vol. 929. – P. A29-1 - A29-48. – DOI 10.1017/jfm.2021.863 **(Q1, импакт-фактор 3.9)**

4. Novel Transonic Nozzle for Ranque-Hilsch Vortex Tube. / **A. Khait**, V. Bianco, A. Lovtsov, A. Noskov, V. Alekhin. // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. – 2021. – Vol. 180. – P. 121801-1 - 121801-11. – DOI 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.121801 **(Q1, импакт-фактор 5.8)**

5. **Khait, A.** Third-Order Generation of Narrow-Banded Wave Trains by a Wavemaker. // *Ocean Engineering*. – 2020. – Vol. 218. – P. 108200-1 - 108200-17. – DOI 10.1016/j.oceaneng.2020.108200 **(Q1, импакт-фактор 5.5)**

6. **Khait, A.**, Shemer, L. Nonlinear wave generation by a wavemaker in deep to intermediate water depth. // *Ocean Engineering*. – 2019. – Vol. 182. – P. 222 - 234. – DOI 10.1016/j.oceaneng.2019.04.065 (**Q1, импакт-фактор 5.5**)

7. **Khait, A.**, Shemer, L. On the kinematic criterion for the inception of breaking in surface gravity waves: Fully-nonlinear numerical simulations and experimental verification. // *Physics of Fluids*. – 2018. – Vol. 30. – P. 057103-1 - 057103-16. – DOI 10.1063/1.5026394 (**Q1, импакт-фактор 4.3**)

8. Analysis of the local entropy generation in a double-circuit vortex tube. / **A. Khait**, A. Noskov, V. Alekhin, V. Bianco. // *Applied Thermal Engineering*. – 2018. – Vol. 130. – P. 1391 - 1403. – DOI 10.1016/j.applthermaleng.2017.11.136 (**Q1, импакт-фактор 6.9**)

9. A comparison of the application of RSM and LES turbulence models in the numerical simulation of thermal and flow patterns in a double-circuit Ranque-Hilsch vortex tube. / V. Bianco, **A. Khait**, A. Noskov, V. Alekhin. // *Applied Thermal Engineering*. – 2016. – No. 106. – P. 1244 - 1256. – DOI 10.1016/j.applthermaleng.2016.06.095 (**Q1, импакт-фактор 6.9**)

10. Numerical investigation of a double circuit Ranque-Hilsch vortex tube. / V. Alekhin, V. Bianco, **A. Khait**, A. Noskov. // *International Journal of Thermal Sciences*. – 2015. – No. 89. – P. 272 - 282. – DOI 10.1016/j.ijthermalsci.2014.11.012 (**Q1, импакт-фактор 5.0**)

11. Semi-empirical turbulence model for numerical simulation of swirled compressible flows observed in Ranque-Hilsch vortex tube. / **A.V. Khait**, A.S. Noskov, A.V. Lovtsov, V.N. Alekhin. // *International Journal of Refrigeration*. – 2014. – No. 48. – P. 132 - 141. – DOI 10.1016/j.ijrefrig.2014.09.006 (**Q1, импакт-фактор 3.8**)

12. Вихревая труба. / А.В. Ловцов, А.С. Носков, В.П. Сыропятов, **А.В. Хаит**. // *Патент на изобретение RU №2533590 С2*, Российская Федерация, F25B 9/04 (2006.01) : №2013104581/06 : заявл. 04.02.2013 : опубл. 10.08.2014. Бюл. №32 ; заявитель и патентообладатель ООО «КБ «ЧКЗ-ЮГСОН».

На диссертацию и автореферат поступили 19 отзывов, из них 15 отзывов поступило на автореферат. Все отзывы положительные, раскрывают актуальность, научную новизну, теоретическую значимость и практическую ценность диссертации. Во всех отзывах указано, что автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.10 – «Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы».

Замечания, содержащиеся в отзывах:

- **ведущая организация** в лице доктора технических наук, профессора, директора образовательного центра «Энергоэффективные инженерные системы» Баранова Игоря Владимировича, учёного секретаря Учёного Совета образовательного центра «Энергоэффективные инженерные системы» Иконниковой Анастасии Юрьевны отмечает:

1. В холодильной технике наибольшее распространение получили парокompрессионные машины, а также детандеры объемного или динамического действия. Энергоэффективность подобных машин значительно превышает

соответствующие показатели вихревых труб Ранка-Хилша, исследуемых в диссертации. Исходя из этого, более целесообразным следует считать совершенствование парокompрессионного цикла или рабочих процессов детандеров, поскольку их начальные базовые показатели значительно лучше. Выбор вихревой трубы в качестве прикладного объекта исследования вызывает вопросы и требует пояснения.

2. В приборостроении вихревые трубы ограничены в применении из-за чрезвычайно высокой шумности. Какие мероприятия предлагает соискатель по снижению шумности?

3. Из текста диссертации не понятно какие конструктивные изменения генератора волн предлагаются, и какие преимущества данные изменения дают.

4. В тексте автореферата и диссертации автором используется эмпирическая константа χ в модели турбулентной вязкости для обрушивающихся волн, приведена без указания диапазона её возможных значений или зависимости от типа волн. Насколько универсально значение $\chi = 0,02$? Требуется ли его перенастройка для волн с другими параметрами?

5. При описании результатов калибровки модели $k - \varepsilon - VD$ для вихревых труб указано, что эмпирическая постоянная c_γ варьировалась в диапазоне от 0 до 1. Было бы полезно пояснить, наблюдалась ли монотонная зависимость изоэнтропного КПД от c_γ и как именно было выбрано её финальное значение?

6. В тексте автореферата и диссертации следовало бы более четко обозначить границы применимости разработанных моделей турбулентности. Например, для каких чисел Рейнольдса и Маха справедлива модель $k - \varepsilon - VD$, и для каких диапазонов волновых чисел применим кинематический критерий обрушения?

7. В ряде случаев соискатель обозначает разрабатываемые уравнения динамики жидкости и газа как новые математические модели. В связи с тем, что предложенные изменения базируются на существующих уравнениях, целесообразно обозначить модели как усовершенствованные.

8. Каким образом согласуется точность математических моделей, разработанных в диссертации, с величиной неопределенности? Оценивалась ли в работе неопределенность измерений? Требуется привести соответствующие сведения.

9. В диссертации предлагается учитывать нелинейные поправки 2-го, 3-го и более высоких порядков в алгоритме перемещения генератора волн. Очевидно, это потребует более высоких мощностей вычислительной техники и более значительного времени расчета. Каким образом оцениваются эти сложности, и что соискатель предлагает для их смягчения?

10. В диссертации рассматриваются задачи гидродинамики и газодинамики. Что объединяет вопросы численного моделирования течения для этих двух направлений?

- официальный оппонент, доктор технических наук, профессор, профессор Высшей школы энергетического машиностроения ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (СПбПУ) Жарковский Александр Аркадьевич указывает:

1. В работе много внимания уделено положительным свойствам разработанных математических моделей течения жидкости и газа. Таким как повышенная точность, верное описание физических процессов и др. Однако при этом мало внимания уделено потенциальным ограничениям математических моделей. Какова область применения теоретических разработок?

2. В разделах 2.3 и 2.4 диссертации потоки энергии q , в том числе поток кинетической энергии, указаны как «тепловые потоки». Это неверно.

3. С учетом существования вихревых течений, обнаруженных вблизи генератора волн и показанных на рис. 8.4, считаю теоретические разработки 7-ой главы чересчур упрощенными. Каким образом соискатель мотивирует необходимость таких исследований не понятно.

4. Соискатель утверждает, что учет дополнительных поправок 3-го и более высоких порядков нелинейности в задаче о работе генератора волн имеет большое значение. Однако не понятно какую роль играют поправки 2-го порядка нелинейности. В тексте самой диссертации отмечается существование линейных методов применительно к генератору волн. С учетом того, что эмпирические поправки требуются в любом случае, более логичным шагом является использование простейших линейных методов в качестве основы вместо более сложных нелинейных методов.

5. Раздел 5.2. посвящен параметрическому исследованию с применением как численных, так и экспериментальных подходов. Очевидным и логичным шагом следует считать проведение многокритериального нелинейного оптимизационного исследования.

6. Часть уравнений в диссертации и автореферате записаны в тензорной форме. При этом, векторные, тензорные и скалярные величины записаны одним и тем же шрифтом и, в связи с этим, неотличимы друг от друга.

- **официальный оппонент**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры прикладной гидромеханики ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (УУНиТ) Целищев Владимир Александрович указывает:

1. Среди различных разновидностей вихревых труб, особое место занимают так называемые многопоточные трубы, используемые для охлаждения и последующей сепарации газожидкостных смесей. Они широко востребованы на нефтегазовых месторождениях, на газораспределительных пунктах (для изотермического редуцирования газа) и в других отраслях промышленности. По непонятной причине эта область исследования в диссертации полностью игнорируется без пояснений. Считаю это недостатком, ограничивающим выводы и результаты, а также практическую значимость.

2. Соискатель сравнивает результаты численных расчетов с экспериментами для различных вихревых труб: таблицы 4.3, 4.6, 4.7, другие графики и таблицы. Однако приводятся только расчетные данные самого диссертанта. Очевидно, что сравнение с расчетными данными других исследователей повысило бы ценность работы. Считаю, что потенциал исследования раскрыт не полностью.

3. Отличия между расчетными и экспериментальными данными на графике 4.12 слишком значительны. Это вызывает вопросы.

4. Новый тип соплового ввода вихревой трубы, обсуждаемый в разделе 5.3.1, представляет интерес. Однако вопросы вызывает предложенная методика его расчета с использованием уравнений (5.18). Очевидно, что решение данных чересчур упрощенных уравнений отклоняется от более сложных математических моделей трехмерного течения, что отчетливо показано на рис. 5.19. Требуется доработка методики путем исправления недостатков. Столь высокое отклонение нельзя считать допустимым даже для инженерных оценок.

5. Сравнивая рис. 5.17 и 5.18 можно заметить, что предложенный сопловой ввод отличается от стандартного количеством направляющих лопаток. Почему этот вопрос не обсуждается в диссертации? Какую роль играет количество лопаток?

6. Векторные поля течения, показанные на рис. 8.4, по всей видимости, имеют существенное значение в исследовании. Однако из данного рисунка сложно что-либо узнать о течении кроме его нестационарного характера. Требуется ввести некоторые числовые характеристики, указывающие на особенности течения, которые имеют особую важность, ради которых и приводится данный рисунок.

- **официальный оппонент**, доктор технических наук, профессор, директор института экосистем бизнеса и креативных индустрий ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ) Месропян Арсен Владимирович указывает:

1. В диссертации особый акцент делается на использовании гипотезы Буссинеска для замыкания системы уравнений математических моделей трехмерных течений жидкости. Гипотеза Буссинеска, в свою очередь, базируется на допущении об изотропии турбулентности. Считаю такое упрощение необоснованным и, в некоторой степени, недопустимым применительно к рассматриваемым течениям и рабочим процессам гидро- и пневмоаппаратов. Почему соискатель считает возможным исключить анизотропные модели рейнольдсовых напряжений из исследования?

2. Ряд параметров математических моделей, в том числе граничные условия, принимаются без должных пояснений. В качестве иллюстрации можно обратить внимание на параметры, заданные в разделе 2.5, а также в главах 4 и 6: величины давления, температуры, периода волны, круговой частоты и т.д. Например, период волны практически во всех случаях принят равным 0,7 с. С другой стороны, температура газа часто выбирается равной 300 К. Чем объясняется повсеместный выбор именно этих значений? Какой допустимый диапазон по температуре для обеспечения приемлемой точности моделирования?

3. Верификация основных положений, полученных при помощи вычислительных экспериментов, выполняется на специально созданной экспериментальной установке, позволяющей исследовать двухконтурные и разделительные вихревые трубы, однако в диссертации не приводится информация о массиве экспериментальных точек, полученных в ходе экспериментов, статистической обработке экспериментальных данных для последующей верификации численных экспериментов. Соответственно, нет возможности оценить воспроизводимость результатов экспериментов.

4. В п. 5.3.1 рассматривается принципиально новый тип соплового ввода – сверхзвуковой; при этом автором отмечается, что сверхзвуковой сопловой ввод обеспечивает рост холодильного КПД примерно на 1%. Эта величина сопоставима или даже ниже уровня погрешностей лабораторного оборудования или результатов численных экспериментов, что предполагает необходимость дополнительных пояснений по значимости полученного роста КПД.

5. Автором в п.5.3.2 отмечается, что наиболее эффективным является развихритель №2, при этом там же отмечается, что «... можно предположить наличие некоторого резерва для еще более значительного повышения энергоэффективности вихревой трубы после тщательной оптимизации развихрителя №2»... Соответственно, возникает вопрос, насколько еще возможно повышение энергоэффективности вихревой трубы в таком случае, и что входит в понятие «тщательная оптимизация»?

6. Схема на рис. 7.6 совершенно неясна. Если перемещение волнопродуктора задается функцией $X(t)$, то его поверхность будет отклоняться от изначально вертикального положения. А если это так, то на величину $X(t)$ должны быть наложены строгие ограничения. В противном случае, геометрия проточной части может быть значительно искажена, а полученные аналитические выражения потеряют смысл. Почему этот вопрос не затрагивается?

7. В работе приведены сведения о практическом применении результатов исследования в исследовательских лабораториях и промышленности. Какие конкретно результаты исследования нашли практическое применение? Насколько, например, эффективны вихревые трубы, применяемые в промышленной установке нагрева воздуха, упомянутой в справке о внедрении результатов исследования? К сожалению, в диссертации не удалось найти хорошо структурированный и понятный список практических рекомендаций.

Замечания, содержащиеся в отзывах на автореферат:

- доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Теплоэнергетика» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения» Ведрученко Виктор Родионович указывает на отсутствие замечаний.

- доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой атомных станций и возобновляемых источников энергии Щеклеин Сергей Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой гидравлики ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина» Пастухова Лилия Германовна отмечают:

1. Требуется пояснить, как гипотеза Буссинеска может быть использована для двухфазных течений, имеющих различные гидродинамические структуры.

2. Из схемы на рис. 3 автореферата можно заметить, что исследованный численный и лабораторный гидроволновой лоток не рассчитан на моделирование сдвиговых потоков в открытых руслах в дополнение к проблеме волнообразования. Очевидно, что течения в открытых руслах преобладают в задачах речного судоходства и строительства, которые не менее важны. Учет сдвиговых течений в исследованиях соискателя позволил бы расширить практическую значимость выводов диссертационной работы.

- доктор технических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой теплотехники и тепловых двигателей Бирюк Владимир Васильевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматических систем энергетических установок имени академика РАН Владимира Павловича Шорина ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Свербилов Виктор Яковлевич отмечают:

1. На стр. 21 автореферата приведено выражение для «асимптотической оценки» новой постоянной c_γ . Выражение включает в себя «характерный размер ячеек», вычисляемый как кубический корень из некоторого параметра Ω . Также используется величина «максимального градиента давления», величина «статического давления» и др. Прежде всего, совершенно не ясно как получено выражение (16). Более того, не определены величины, входящие в выражение. Что такое «максимальный градиент давления»? Что представляет собой параметр Ω ? Поскольку постоянная c_γ , как видно из автореферата, имеет важное значение, недопустимо оставлять указанные вопросы без должного внимания.

2. В то же время, вторая вводимая эмпирическая постоянная B_x в выражении (17) на стр. 26 автореферата, как указано, примерно равна единице. Что это означает? Насколько её значение отличается от единицы? Исходя из приведенной информации получается, что величина B_x не постоянна, ее нужно менять. Так ли это?

3. Уравнения (19)-(21) содержат множество переменных, которые также не были определены. В качестве примера, не определены параметры δ и Δ , причем с разными верхними и нижними индексами. Что такое Re в уравнении (19)? Число Рейнольдса согласно выражению под уравнением (1) на стр. 12?

- кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник федерального государственного учреждения науки «Институт Теплофизики имени С.С. Кутателадзе» Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СОРАН) Правдина Маргарита Хаймовна отмечает:

К сожалению, новые экспериментальные результаты по вихревой трубе, опубликованные после этого времени (2020-2025 гг.) им (соискателем) не были замечены. Здесь я пишу о полученных в период 2020-2025 гг. группой исследователей Института теплофизики СО РАН методом лазер-доплеровской анемометрии подробных данных по полю скоростей в специально изготовленной для оптических исследований вихревой трубе. Эти данные анализировались в публикациях группы и докладывались на конференциях и академических семинарах. Анализ показал неизвестные ранее факты, в частности, имеющее место дозвуковое запыриание потока на входе в вихревую трубу. С ростом степени расширения потока достигается пороговое значение этой величины, такое, что повышение степени расширения сверх порогового значения не приводит к увеличению скорости на входе в устройство. Тем самым стабилизируются (не меняются с повышением давления) такие величины, как входная скорость (существенно дозвуковая), объёмный расход воздуха и внутренняя структура потока. Массовый расход воздуха, конечно, растёт – пропорционально степени расширения. Стабилизируется также адиабатический КПД трубы.

- доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник сектора моделирования экстремальных волновых явлений в океане Пелиновский Ефим Наумович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник сектора моделирования экстремальных волновых явлений в океане ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» Талипова Татьяна Георгиевна отмечают:

Есть замечание, касающееся использования нелинейного уравнения Шредингера в форме, пригодной для волн с узким спектром на глубокой воде. Для практики важно выйти за пределы этого приближения, учитывая конечность глубины воды и ширины спектра. Эти вопросы, однако, не затронуты в автореферате.

- главный конструктор общества с ограниченной ответственностью «Гидронт» Тушков Алексей Александрович отмечает:

1. Очевидно, что в диссертации рассматриваются воздух и вода в качестве рабочих сред. Однако теплофизические свойства рабочих сред, такие как вязкость, теплоемкость и др., не указаны. Также не указаны сведения о влиянии температуры и давления на теплофизические свойства.

2. Требуется дать более подробные пояснения в части применения коммерческого гидродинамического пакета ANSYS, в том числе его настроек.

3. С точки зрения промышленного применения, было бы полезно использовать российские программные решения в области гидродинамики вместо упомянутого гидродинамического пакета ANSYS.

- главный инженер Давыдкин Павел Валерьевич и главный конструктор АО «Пневмостроймашина» Волков Иван Николаевич отмечают:

1. Диссертационное исследование, среди прочего, посвящено разработке алгоритмов автоматизированного управления механическим, пневматическим или гидравлическим приводом волнопродуктора с целью повышения точности генерации поверхностных волновых пакетов сложной формы. Механический, пневматический или гидравлический привод – это слишком обобщенное понимание. В автореферате явно не хватает обсуждения как минимум принципиальной схемы гидравлического привода волнопродуктора. Это бы сделало более понятным и дальнейшие разработки методов управления.

2. Вопросы акустического шума являются крайне актуальными практически для всех гидромашин. Причем, снижение уровня шума дает конкурентное преимущество изделия на рынке. На нашем заводе используется специальная акустическая камера для измерения уровней звукового давления при работе объемных гидронасосов. Исследовались ли в диссертации вопросы звукового давления, сопровождающего работу исследуемых систем?

- доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Мехатроника и гидропневмоавтоматика» Шошиашвили Михаил Элгуджевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Мехатроника и

гидропневмоавтоматика» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И.Платова» Анисимов Андрей Владимирович отмечают:

1. Исходя из сведений, представленных в автореферате, седьмая глава предлагает новые алгоритмы, использование которых предлагается в системах автоматизированного управления (САУ) волнопродукторами. Однако в автореферате приведено лишь выражение (22) для вычисления мгновенной координаты положения (закона движения) волнопродуктора, Этого выражения явно недостаточно для формирования полноценной САУ. В данной главе соискатель либо неправильно применил терминологию, либо не раскрыл оставшуюся часть САУ, включая контроллеры, регуляторы и обратные связи.

2. На стр. 29 автореферата указано на сокращение среднеквадратического отклонения экспериментально измеренной формы волны от целевой формы до 1%. Однако не указано, каким образом определено выражение для среднеквадратического отклонения.

3. Графики на рис. 16 невозможно отличить друг от друга. Теряется смысл данного рисунка.

- доктор технических наук, директор по науке – главный инспектор органа инспекции, ООО «Центр конструкторско-технологических инноваций» Георгиевская Евгения Викторовна отмечает:

1. В уравнениях 4, 6 использованы обозначения DV/Dt и $D\varphi/Dt$ без каких-либо дополнительных пояснений. В чем отличие этих величин от общепринятого обозначения полных производных dV/dt и $d\varphi/dt$?

2. При подстановке (3) в (1) в формуле (4) должны быть слагаемые, связанные с единичной матрицей I . Почему они не учитываются?

3. Во второй главе диссертации автор использует понятие «микроролодильных циклов» и «гипотезы взаимодействия вихрей», заимствованные из литературы. При этом, физическая сторона этих процессов не описана в автореферате и требует пояснения.

4. По всей видимости, автор относит весь эффект температурного разделения в вихревой трубе к турбулентному тепло- и массообмену. Чем объясняется игнорирование других возможных вкладов в этот эффект?

5. По всей видимости, вопросы турбулентного тепло- и массообмена при работе поршневого волнопродуктора не рассматриваются в диссертации. Почему эти процессы исключены из рассмотрения?

- доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции АПК» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» Рыбак Александр Тимофеевич отмечает:

1. Цель работы не достаточно чётко сформулирована. После её прочтения

возникает вопрос, а с какой целью осуществляется «разработка методологии расчета и математического моделирования...»?

2. Формулировки пунктов научной новизны чрезвычайно многословны и запутаны. За многословием трудно выделить основную мысль научной новизны.

3. Количество пунктов научной новизны слишком велико. Пункты 2, 4 и 5 скорее можно отнести к практической значимости.

- доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий» Чубаров Леонид Борисович отмечает:

1. Полагаю, что предлагая в шестой главе «надежный критерий обрушения волн» диссертанту желательно было бы сопоставить свой критерий с параметром B_T , выведенным с той же целью для модели, основанной на уравнениях теории мелкой воды, в работе М.В.Кайстренко, Р.Х.Мазовой, Е.Н.Пелиновским и К.В.Симоновым «Аналитическая теория наката волн цунами на плоский откос», опубликованной в сборнике [Накат цунами на берег. Сборник научных трудов. Горький – 1985. Ответственный редактор доктор физико-математических наук Е.Н.Пелиновский. Стр. 34-37].

2. Что касается результатов, связанных с алгоритмами управления волнопродуктором, то их хорошо бы как-то сопоставить с результатами работ, в которых, правда, речь идет о волнопродукторах пневматического, а не шарнирного типа:

И.С.Нуднер, К.К.Семенов, В.В.Лебедев, Г.С.Хакимзянов, Ю.Н.Захаров «Численная модель гидроволновой лаборатории для исследования взаимодействия морских волн с гидротехническими сооружениями» // Вычислительные технологии. 2019. Т. 24, № 1. С. 86–105.

И.С.Нуднер, К.К.Семенов, Г.С.Хакимзянов, Н.Ю.Шокина. «Исследование взаимодействия длинных морских волн с сооружениями, защищенными вертикальными экранами». // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2017; 10(4):31-43.

К.Е.Афанасьев, В.В.Максимов, И.С.Нуднер, К.К.Семенов, С.В.Стуколов. «Численное моделирование работы опытного волнопродуктора одиночных волн». // Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XI всероссийской конференции. Российская академия наук, ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Научный совет по проблемам фундаментальной и прикладной гидрофизики; Составители Б.П.Белов, А.А.Родионов, С.А.Смирнов. 2012. Издательство: Санкт-Петербургская издательская фирма «Наука» РАН. С. 201-203

3. Текст автореферата не свободен от некоторых стилистических и терминологических неточностей, есть и опечатки. Имеет место некоторая

путаница между упоминанием «математических моделей» и «вычислительных алгоритмов», реализующих эти модели, а также терминов «валидация» и «верификация». Традиционно неточным является употребление термина «Апробация». Рекомендую учесть, что под ним следует понимать «официальное одобрение, утверждение чего-либо после испытания, проверки; предварительное одобрение составленного документа до его принятия». На мой взгляд, следовало также более подробно остановиться на использованных диссертантом численных алгоритмах и тех модификаций, которые он вносил в их реализации стандартными пакетами. Полагаю, что в дальнейшем А.В.Хаит учтет эти комментарии к его текстам.

- кандидат технических наук, доцент, декан факультета «Мехатроника и робототехника», и.о. заведующей кафедрой «Гидравлика и гидропневмосистемы» Хабарова Дарья Федоровна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Гидравлика и гидропневмосистемы» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Кондаков Сергей Владимирович отмечают:

1. В автореферате упоминается наличие метода упрощенного инженерного расчета течения жидкости в сопловом вводе нового типа, однако, сам метод не описан. В результате, представляется сложным делать выводы по этой важной части исследования исходя из текста автореферата.

2. Данные на рис. 14 автореферата не вполне понятны. Разброс между различными результатами видится существенным. При этом, в тексте автореферата делается вывод об их хорошем согласовании и, соответственно, верности математической модели и кинематического критерия обрушения волн. Здесь имеется некоторое противоречие.

- кандидат технических наук, ведущий инженер-конструктор конструкторского отдела систем газоснабжения и пневмовакуумного оборудования КБ «Арматура» - филиала АО «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В.Хруничева» Алиев Андрей Рафаилович отмечает:

1. В настоящее время при проведении научных исследований необходимо строго прописывать систему принимаемых допущений и ограничений, а также проводить её обоснование, в частности, это касается принятия допущений об изотропии турбулентности при описании течений и рабочих процессов в гидро- и пневмоаппаратах.

2. В автореферате при написании части уравнений имеется некорректность в одинаковом стиле отображения скалярных, векторных и тензорных величин, что усложняет восприятие материала.

- доктор технических наук, доцент, профессор кафедры 909 «Теоретическая

электротехника» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Редников Сергей Николаевич отмечает:

1. Работа вихревой трубы и математической модели течения газа рассматривалась только на низких давлениях порядка 1 МПа. В то же время, в фактических условиях эксплуатации давление может составлять несколько десятков МПа. Совершенно не очевидно, насколько полученные автором положения распространяются на область значительно более высоких давлений.

2. Численное решение уравнений в частных производных осуществлялось с применением методов конечных объемов и граничных элементов. Множество программных комплексов применяют метод конечных элементов, который хорошо себя показал при описании сложной геометрии проточной части. Автореферат диссертации не дает объяснения странному игнорированию указанного метода.

3. К сожалению, в автореферате диссертации не удалось найти ни одного примера использованной расчетной сетки. Ее вид, качество и конфигурация напрямую влияют на результаты численного анализа. Исходя из этого, сложно дать однозначную оценку результатам вычислительных экспериментов.

- доктор технических наук, профессор, профессор кафедры гидравлики и гидротехнического строительства института гидротехнического и энергетического строительства ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» Орехов Генрих Васильевич отмечает:

1. Судя по названию диссертации, работа посвящена методам расчётного обоснования сложных закрученных потоков. Действительно, автор подробно рассматривает две задачи. Первая связана с рассмотрением сложного закрученного потока воздуха, состоящего из двух коаксиально расположенных слоёв, создающих термодинамические эффекты, причём окружные скорости весьма высоки (околозвуковые значения), что говорит о преобладающем поле центробежных сил по отношению к гравитационному и специфическому характеру распределения давления по сечению проточного тракта. Вторая задача, которую решает автор в своей работе, связана с распространением и поведением поверхностных волн в воде, формирующихся исключительно в гравитационном поле. Эти волны так и называют гравитационные. Характер движения поверхностных волн трудно отнести к течениям с закруткой потока. Исходя из вышесказанного, не совсем понятно такое название диссертации, обобщающее два различных гидромеханических процесса.

2. На стр. 26 автореферата приведен параметр крутизны волны $k_0 \zeta_0$, который является горизонтальной координатой графика на рисунке 14. Нет расшифровки компонент данного произведения. К сожалению, нет сравнительной информации полученных результатов с данными других исследователей, которые ранее сформулировали критерии обрушения волн.

3. Рисунок 17 на стр. 29 иллюстрирует две векторные диаграммы вихревых течений, возникающих в непосредственной близости от щита волнопродуктора. Не ясно, в какой плоскости по отношению к продольной осевой линии исследовательского лотка лежат данные диаграммы. Здесь следует отметить так же, что зона течения непосредственно перед волнопродуктором не представляет практического интереса при исследовательских работах на волновом лотке. Волна в лотке формируется на некотором отдалении от щита волнопродуктора, и нужные для исследователя параметры волны фиксирует специальный датчик. После него (по длине лотка) уже проводятся необходимые эксперименты и измерения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

Жарковский Александр Аркадьевич, доктор технических наук по специальности 05.04.13 – «Гидравлические машины, гидропневмоагрегаты», профессор, профессор Высшей школы энергетического машиностроения ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (СПбПУ), является высококомпетентным специалистом в области математического моделирования рабочих процессов гидравлических машин, является известным специалистом по методу конечных элементов и другим численным методам расчета сложных закрученных турбулентных течений жидкости, имеет множество публикаций по соответствующей тематике, дал согласие выступить официальным оппонентом по диссертации Хаита А.В.;

Целищев Владимир Александрович, доктор технических наук по специальности 2.5.15 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов», профессор, профессор кафедры прикладной гидромеханики ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (УУНиТ), является ведущим специалистом по газодинамике сжимаемых рабочих сред, внесшим существенный вклад в развитие теории трехпоточных вихревых труб, выполнил большое количество прикладных исследований по применению трехпоточных вихревых труб в различных областях промышленности, активно публикуется в ведущих рецензируемых изданиях по соответствующей тематике, дал согласие выступить официальным оппонентом по диссертации Хаита А.В.;

Месропян Арсен Владимирович, доктор технических наук по специальности 05.04.13 – «Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты», профессор, профессор отделения математики, физики и машиноведения Академии наук Республики Башкортостан, директор института экосистем бизнеса и креативных индустрий ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ), является известным специалистом по двухфазным многокомпонентным течениям жидкости с границей раздела фаз, имеет научные публикации по указанному направлению, дал согласие выступить официальным оппонентом по диссертации Хаита А.В.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» является опорным вузом России, имеет

статус национального исследовательского университета, является известным центром исследований в области сложных течений жидкости и газа, гидравлических машин и аппаратов, компрессорной и холодильной техники, имеет в составе квалифицированных специалистов в области тематики диссертационного исследования, которые широко известны своими достижениями и способны определить научную новизну и практическую значимость диссертации, дала согласие на рассмотрение работы и подготовку отзыва по диссертации Хаита А.В.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная концепция анализа взаимосвязи между рабочими процессами и техническими характеристиками исследованных гидропневмоаппаратов на основе разработанной методологии расчета и математического моделирования сложных закрученных турбулентных одно- и двухфазных течений в гидропневмоаппаратах;

предложены оригинальная научная гипотеза о том, что обрушение поверхностных волн возникает в тот момент времени, когда лагранжева скорость жидкой частицы на гребне волны сравнивается или начинает превышать скорость самого гребня, а также нетрадиционный подход к описанию течений сжимаемой рабочей жидкости, который приводит к усилению эффекта температурного разделения Ранка-Хилша в процессе турбулентного энергообмена;

доказана перспективность использования новых идей в науке, состоящих в повышении точности прогнозирования интегральных характеристик гидропневмоаппаратов путем повышения достоверности математических моделей течений жидкости и газа в вихревых трубах и поршневых волнопродукторах, и приводящих к совершенствованию указанных гидравлических и пневматических аппаратов за счет корректного учёта физики происходящих рабочих процессов;

введены новые понятия: «паразитная область течения», связанная с необратимыми потерями энергии в камере энергоразделения, которые необходимо учитывать при анализе взаимосвязи между рабочими процессами и техническими характеристиками вихревой трубы; «поправка Ван Деемтера» в уравнении энергии, описывающая турбулентный поток энергии q_γ , связанный со сжимаемостью рабочей жидкости пневмоаппарата.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения о том, что турбулентный поток энергии q_γ составляет неотъемлемую часть гипотезы взаимодействия вихрей и вносит вклад порядка 30% в эффект энергоразделения в пневмоаппарате, а также положения о кинематической природе обрушения поверхностных волн, сгенерированных волнопродуктором, вносящие вклад в расширение представлений о гидродинамике сложных турбулентных одно- и двухфазных течений в гидропневмоаппаратах;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс существующих базовых методов исследования, в том

числе современных вычислительных методов, включая метод параллельных вычислений, метод конечных объемов и метод граничных элементов, а также экспериментальных методик исследования течений жидкости и связанных с ними интегральных характеристик вихревых труб и поршневых волнопродукторов;

изложены научные положения созданной слабонелинейной теории 3-го порядка нелинейности для волнопродуктора поршневого типа, учитывающей формирование сложных нестационарных вихревых течений вблизи волнопродуктора, вызванных его функционированием, и снижающей экспериментально подтвержденную остаточную погрешность генерации формы поверхностной волны до 1%;

раскрыты новые проблемы, сопровождающие работу вихревой трубы и поршневого волнопродуктора, в том числе формирование сложных вихревых турбулентных течений и турбулентных энергообменных процессов, а также новые проблемы слабонелинейных алгоритмов автоматизированного управления поршневым и шарнирно закрепленным волнопродуктором;

изучены причинно-следственные связи между конструкторско-технологическими факторами вихревой трубы, включая конструктивные параметры камеры энергоразделения, соплового ввода и устройства торможения холодного потока, и ее интегральными характеристиками, что позволило повысить величину изоэнтропного КПД на 3-5%;

проведена модернизация существующих математических моделей турбулентных течений жидкости и газа в проточных частях исследованных гидропневмоаппаратов, что обеспечило экспериментально доказанное сокращение погрешности прогнозирования интегральных характеристик вихревых труб и поршневых волнопродукторов до величины порядка 2%.

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

разработаны и внедрены (указать степень внедрения)

- усовершенствования конструкции проточной части вихревых труб ВТ 3-6, ВТ 5-90, ВТ 30Р, РЕСШ.4414, ВТ 30-50, ДВТР 40-9000, ВТ 63Р и их составных элементов, включая новый тип соплового ввода, что подтверждается справками о внедрении от конструкторского бюро ООО «КБ «ЧКЗ-ЮГСОН» и АО «КЭНПО», приложенными к диссертации;

- алгоритмы автоматизированного управления шарнирно закрепленным и поршневым волнопродуктором гидроволнового лотка, что подтверждается справкой о внедрении, подписанной профессором Школы машиностроения Тель-Авивского университета Л. Шемером;

- образовательные технологии, использованные в рамках обучения студентов технических специальностей в двух университетах: ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина» и Ариэльский университет;

определены пределы и перспективы практического использования теоретических и прикладных разработок, представленных в диссертационном

исследовании, при расчете и проектировании гидропневмоаппаратов, в том числе вихревых труб и поршневых волнопродукторов;

создана система практических рекомендаций по модернизации вихревой трубы и ее составных частей, в том числе соплового ввода принципиально нового типа и устройства торможения холодного потока, а также система практических рекомендаций по созданию перспективных нелинейных алгоритмов автоматизированного управления поршневыми волнопродукторами;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию методологии расчета и математического моделирования сложных закрученных турбулентных одно- и двухфазных течений в гидропневмоаппаратах, а также предложения по дальнейшему совершенствованию вихревых труб и алгоритмов управления поршневыми волнопродукторами.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании с соблюдением известных методик измерения и обработки данных, обоснованы калибровки измерительного оборудования, показана воспроизводимость результатов исследований в различных условиях;

теория построена на известных, проверяемых данных и положениях, на основных фундаментальных уравнениях гидродинамики, согласуется с опубликованными теоретическими и экспериментальными данными по теме диссертации, подтверждается качественной и количественной экспериментальной верификацией;

идея базируется на анализе практики и обобщении передового опыта расчета, математического моделирования, проектирования и эксплуатации гидропневмоаппаратов, включая вихревые трубы и поршневые волнопродукторы;

использованы сравнения авторских данных и данных, полученных ранее по вопросам методологии расчета и математического моделирования турбулентных одно- и двухфазных течений в гидропневмоаппаратах, а также по вопросам совершенствования вихревых труб и поршневых волнопродукторов;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по тематике диссертационной работы;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, характеризующие рабочие процессы и технические характеристики исследованных гидропневмоаппаратов.

Личный вклад соискателя состоит во включенном участии на всех этапах процесса:

- постановке и решении научной проблемы повышения точности прогнозирования интегральных характеристик гидропневмоаппаратов и совершенствования их рабочих процессов, включая повышение энергоэффективности вихревых труб и точности генерации формы поверхностной волны поршневыми волнопродукторами;

- непосредственном личном участии соискателя в получении исходных данных и в научных экспериментах;

- формулировании уравнений математических моделей, их аналитических преобразованиях и создании исходного кода вычислительных программ, предназначенных для численного решения данных уравнений;
- непосредственном участии в проведении вычислительных экспериментов с применением разработанных математических моделей;
- разработке экспериментального стенда по измерению интегральных характеристик образца вихревой трубы, включая программное обеспечение для системы контроля эксперимента;
- обработке и интерпретации экспериментальных данных, полученных лично автором или при участии автора, с использованием оригинальных методов экспериментального исследования;
- усовершенствовании проточной части вихревой трубы, а также в разработке соплового ввода вихревой трубы нового типа и метода его расчета;
- формулировании новых слабонелинейных алгоритмов автоматизированного управления поршневым и шарнирно закрепленным волнопродуктором;
- в апробации результатов исследования, в том числе, участии с докладами на научных конференциях и семинарах;
- подготовке основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- Генерация больших звуковых колебаний препятствует широкому практическому применению вихревых труб. А звуковая изоляция этого устройства ведёт к падению КПД.
- Было высказано замечание о недостаточном упоминании в докладе слова «методология».
- Слабо сформулирована проблема повышения энергоэффективности вихревых труб, повышения точности генерации волн и точности прогнозирования интегральных характеристик гидропневмоаппаратов.
- В докладе плохо отражен использованный план многофакторного эксперимента.

Соискатель Хаит А.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию по высказанным замечаниям и рекомендациям.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Хаита Анатолия Вильича «Разработка и реализация методологических основ расчета сложных закрученных турбулентных одно- и двухфазных течений в гидро- и пневмоаппаратах на основе гипотезы Буссинеска» является законченной научно-квалификационной работой, соответствует пунктам 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. (ред. от 16.10.2024) № 842 «О порядке присуждения ученых степеней». Содержание представленной диссертационной работы соответствует паспорту специальности 2.5.10 – «Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы»: п. 1 «Математическое моделирование и оптимизация

гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе»; п. 2 «Методы расчетов гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе, а также комплектуящего эти системы оборудования»; п. 3 «Методы и методики экспериментального исследования гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе»; п. 4 «Исследование физических взаимосвязей между рабочими процессами, конструкторско-технологическими факторами и техническими характеристиками гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе, а также оборудования этих систем»; п. 5. «Разработка и исследование систем, методов и алгоритмов диагностики, управления и регулирования гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе, а также оборудования этих систем».

На заседании 18.03.2026 года диссертационный совет принял решение: за разработку научных положений в области методологии расчета и математического моделирования сложных закрученных турбулентных одно- и двухфазных течений в гидropневмоаппаратах на основе усовершенствованных моделей турбулентности, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение, разработку новых научно обоснованных технических решений в области совершенствования гидравлических и пневматических устройств, включая алгоритмы автоматизированного управления ими, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, **присудить Хаиту А.В. ученую степень доктора технических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по специальности 2.5.10 – «Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы», участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за - 17, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель
диссертационного совета

Корчагин Павел Александрович

Ученый секретарь
диссертационного совета —

Тетерина Ирина Алексеевна

20.03.2026 г.