

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

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 13.05.2026 № 9/2026

О присуждении Суслову Даниилу Андреевичу, гражданину Российской Федерации,
учёной степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Управление характеристиками прецессирующих вихрей в проточной части модели гидротурбины» по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы принята к защите 11.03.2026 (протокол заседания № 4-1/2026) диссертационным советом 24.1.129.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 1, приказы Минобрнауки России от 11.04.2012 № 105/нк, от 03.06.2021 № 561/нк.

Соискатель Суслов Даниил Андреевич, 01 октября 1997 года рождения, на момент защиты диссертации работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории проблем тепломассопереноса ИТ СО РАН. В 2021 году соискатель с отличием окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по направлению 03.04.02 – Физика. С 01 сентября 2021 года и по настоящее время соискатель осваивает программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук по научной специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Диссертация выполнена в лаборатории проблем тепломассопереноса Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук. Научный руководитель – доктор физико-математических наук Шторк Сергей Иванович, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, заведующий лабораторией проблем тепломассопереноса.

Официальные оппоненты:

Катасонов Михаил Михайлович, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория аэрофизических исследований дозвуковых течений, ведущий научный сотрудник;

Чаплина Татьяна Олеговна, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук, лаборатория геомеханики, ведущий научный сотрудник

– дали положительные отзывы на диссертацию Суслова Даниила Андреевича.

Ведущая организация:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном Смирновым Евгением Михайловичем, доктором физико-математических наук, профессором Высшей школы прикладной математики и вычислительной физики Физико-механического института, и Фроловым Максимом Евгеньевичем, доктором физико-математических наук, доцентом, директором Высшей школы прикладной математики и вычислительной физики Физико-механического института, утвержденном проректором по научной работе Фоминым Юрием Владимировичем, указала, что «Диссертация Суслова Д. А. является законченной научно-квалификационной работой, соответствует паспорту научной специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы (физико-математические науки) и профилю ведущей организации. Выявленные Д.А. Сусловым физические закономерности воздействия активного управления на прецессирующее вихревое ядро в закрученном потоке за рабочим колесом модельной гидротурбины Френсиса и разработанный на их основе эффективный метод подавления пульсаций давления представляют собой в совокупности решение актуальной научной задачи в области механики жидкости и газа, имеющей существенное значение для развития таких ее разделов как гидродинамическая устойчивость пространственных течений, управление вихревыми потоками и смежные разделы».

Соискатель имеет 43 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 19 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, опубликовано 19 работ, общим объемом 215 страниц. Проведена хорошая

апробация работы на международных и всероссийских конференциях. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. Все разработки и результаты исследований, изложенные в основном тексте диссертации без ссылок на другие источники, получены лично автором. Личный вклад Сулова Д.А. заключается в модернизации аэродинамического стенда, системы управления потоком, адаптации измерительного оборудования к условиям экспериментов, написании компьютерных программ, проведении экспериментальных исследований закрученного потока, обработке и анализе экспериментальных данных, а также в подготовке публикаций в рецензируемых журналах, патентов, научных докладов. В совместных публикациях вклад автора равнозначный.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации Сулова Даниила Андреевича:

1. Suslov D. A., Skripkin S. G., Shtork S. I. Effect of multi-jet flow control on the vortex core in a simplified Francis turbine model // *Physics of Fluids*. – 2025. – Vol. 37. – №. 9. – 095116. -13 p. (УБС 1);
2. Suslov D. A., Skripkin S. G. Manipulation of vortex core characteristics in an expanding swirling flow by multijet injection // *Physics of Fluids*. – 2026. – Vol. 38. – №. 2. – 025150. -14 p. (УБС 1);
3. Сулов Д. А., Скрипкин С. Г., Шторк С.И. Использование модели Скалли для определения параметров вихревого ядра в гидротурбине Френсиса // *Письма в журнал технической физики* – 2025. – Т. 51. – №. 17. – С. 12-16 (УБС 1);
4. Сулов Д. А., Скрипкин С. Г., Цой М. А., Гореликов Е. Ю., Шторк С.И. Активное управление вихревыми структурами за рабочим колесом модели гидротурбины Френсиса // *Теплофизика и аэромеханика*. – 2024. – Т. 31. – №. 4. – С. 803-815 (УБС 2);
5. Litvinov I., Suslov D., Tsoy M., Gorelikov E., Shtork S., Alekseenko S., Oberleithner K. Active control of the vortex induced pressure fluctuations in a hydro turbine model via axial and radial jets at the crown tip // *International Journal of Fluid Machinery and Systems*. – 2023. – Vol. 16. – №. 4. – P. 320-331 (УБС 3).

На автореферат диссертации поступило 6 отзывов. Все отзывы положительные. В отзывах отмечено, что исследование является законченным и выполнено на высоком научном уровне, тема работы является актуальной, полученные результаты обладают научной новизной и способствуют развитию представлений о физических закономерностях воздействия активного управления на прецессирующее вихревое ядро в закрученном потоке за рабочим колесом модельной гидротурбины Френсиса, а также

пониманию физических механизмов стабилизации потока, что обеспечивает новые возможности для разработки эффективного метода подавления пульсаций давления.

В отзыве на автореферат доктора технических наук **Плотникова Леонида Валерьевича**, профессора кафедры «Турбины и двигатели» ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», содержится два замечания: «1. В автореферате указано, что характерная частота ПВЯ составляет 15 Гц. Каким образом было установлено данное значение и при каких условиях? 2. Опыты проводились для угла раскрытия диффузора 4° . Возможно ли распространение предлагаемой методики снижения пульсаций давления на диффузоры с другими углами раскрытия?».

В отзыве на автореферат доктора технических наук **Молочникова Валерия Михайловича**, ведущего научного сотрудника лаборатории Гидродинамики и теплообмена Института энергетики и перспективных технологий ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук»», содержится три замечания: «1. Эксперименты выполнены на масштабной модели течения за рабочим колесом гидротурбины при числе Рейнольдса $Re = 2 \times 10^4$. Неясно, как можно распространить полученные результаты на числа Рейнольдса, реализуемые в реальных конструкциях гидротурбины не только на режимах частичной нагрузки. 2. В первой серии экспериментов изменение управляющего расхода проводилось непрерывно в течение 2 часов. В чем необходимость такой необычной методики? 3. Обобщение экспериментальных данных для некоторых актуаторов (например, AR7210, AR3610, R3610 на рис.5, 6 и 7) выполнено в виде линейной зависимости, проведенной по 2 или 3 точкам, что представляется не совсем корректным. Получены ли соискателем значения исследуемых параметров при промежуточных величинах C_μ ?».

В отзыве на автореферат доктора физико-математических наук **Никулина Виктора Васильевича**, старшего научного сотрудника ФГБУН Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, содержится два замечания: «1. Для полноты понимания процесса было бы полезно отметить: расход через завихрители после включения актуатора не изменяется или для его сохранения требуется варьирование параметров на входе. 2. Не указано, с каким характерным временем сравнивается время релаксации частицы при определении числа Стокса, с периодом ПВЯ или временем турбулентных пульсаций. Каково это характерное время».

В отзыве на автореферат доктора физико-математических наук **Минакова Андрея Викторовича**, директора Института инженерной физики и радиоэлектроники ФГАОУ ВО

«Сибирский федеральный университет», содержится два замечания: «1) В работе автор говорит, что для исследования применялся метод PIV, однако в автореферате не приведено измеренных профилей скорости или полей скорости потока. Интересно было бы понять, как подача струй влияет на картину течения. 2) В диссертации упор сделан именно на гидротурбины, предполагается что результаты работы можно будет применить на практике, на действующих ГЭС, но исследования проведены на воздухе. В связи с этим хотелось бы увидеть оценку автора, как подобные методы могут повлиять на КПД гидротурбины? Возможно ли в принципе применения подобных подходов на станции? Как указывает автор в работе, инжектируется струя с расходом 1-3% от общего расхода. Это существенные значения для эксплуатируемых на сегодняшний день высоконапорных гидротурбин. Где брать такие расходы и как их подавать в пространство за рабочим колесом?».

В отзыве на автореферат доктора физико-математических наук **Исаева Сергея Александровича**, профессора, заведующего лабораторией фундаментальных исследований ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова» содержится одно замечание: «Каковы неопределенности представленных экспериментальных результатов?».

В отзыве на автореферат доктора физико-математических наук **Матвиенко Олега Викторовича**, профессора кафедры автомобильных дорог ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», содержится три замечания: «1. В тексте автореферата отсутствует информация о методике статистической обработки полученных данных, при использовании линейной регрессии не приводится величина коэффициента достоверности аппроксимации, на рисунках не приводятся доверительные интервалы. 2. При описании рис. 6 не проведен анализ зависимости шага винта от коэффициента потока импульса для аксиального актуатора. С чем связан немонотонный характер зависимости для A3610? 3. Из текста автореферата не ясно, при каких числах Рейнольдса работают реальные конструкции, и как полученные результаты можно перенести на реальный объект».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой квалификацией в областях науки, непосредственно связанных с темой диссертации. Ведущая организация является одним из лидеров в области механики жидкости и газов; наряду с традиционными исследованиями ведутся работы по теории линейной устойчивости течений, численным расчетам нестационарных течений с

формированием крупномасштабных вихревых структур, энергетике и энергосбережению, а также по моделированию гидроэнергетического оборудования, в ней работают специалисты, которые могут дать полноценную экспертную оценку научной и практической значимости результатов работы (д.ф.-м.н. Смирнов Е. М., д.ф.-м.н. Фролов М. Е., к.ф.-м.н. Иванов Н. Г., д.ф.-м.н. Гарбарук А. В. и др.). Официальные оппоненты д.ф.-м.н. Катасонов М. М. и д.ф.-м.н. Чаплина Т. О. являются признанными специалистами в области турбулентных и волновых явлений в сдвиговых течениях, в области конвективных вихревых течений, что подтверждается наличием у них публикаций ряда научных работ в данных областях исследований, в том числе соответствующих тематике диссертационного исследования соискателя.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований, впервые комплексно показано влияние инъекции струй на пространственные и временные характеристики прецессирующего вихревого ядра (ПВЯ). Доказано, что оптимальная инъекция приводит к значительному уменьшению интенсивности вихря, снижению радиуса его прецессии, увеличению шага винта, снижению вклада ПВЯ в турбулентную кинетическую энергию потока. Построены обобщающие зависимости, позволяющие прогнозировать изменение характеристик ПВЯ в функции от заданных управляющих воздействий. Установлены механизмы управления вихревыми структурами, которые впервые описаны на основе одновременного анализа пульсаций давления и распределения скоростей за рабочим колесом. Доказано, что введенный безразмерный коэффициент потока импульса является ключевой характеристикой, определяющей эффективность воздействия управления на ПВЯ. Впервые разработан и обоснован с физической точки зрения оптимальный способ подачи и коэффициент потока импульса струй для наиболее эффективного подавления ПВЯ в гидротурбине. Данное исследование отличается от традиционного подхода (Altimemy et al., 2019; Bosioc et al., 2012; Khullar et al., 2022; Kirschner et al., 2010; Shtork et al., 2023; Ștefan et al., 2017; Tănasă et al., 2013), когда управление ПВЯ осуществляется с помощью метода проб и ошибок или физической интуиции. Проведено сравнение различных способов подачи струй с целью управления вихревыми структурами. Доказано, что предложенный метод радиальной инъекции позволяет значительно снизить динамические нагрузки на проточную часть турбины.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что в работе установлены фундаментальные закономерности взаимодействия управляющих струй с закрученным потоком с ПВЯ. Применительно к проблематике диссертации результативно реализован

экспериментальный подход к управлению ПВЯ, основанный на результатах, полученных в рамках линейного анализа устойчивости (ЛАУ). Это служит подтверждением адекватности ЛАУ для описания глобальных неустойчивостей типа ПВЯ и открывает новые перспективы для развития методов оптимального управления в гидродинамике сложных потоков. На основе одновременного анализа пульсаций давления и распределения скоростей за рабочим колесом раскрыты и изложены механизмы управления вихревыми структурами. Изложены взаимосвязи между коэффициентом потока импульса инжектируемых струй и характеристиками ПВЯ в закрученном потоке. Представленные в диссертационной работе данные могут найти применение в исследовательских институтах, занимающихся проблемами управления закрученными потоками с вихревыми структурами в них (ФГБУН Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, ФГБУН Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук, ФГБУН Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева», ФИЦ Казанский научный центр РАН и другие).

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработан эффективный метод для повышения эксплуатационной надежности и безопасности гидротурбин, который может быть внедрен как инженерно-техническое решение по управлению ПВЯ за рабочим колесом гидротурбины Френсиса. Представленные новые технические решения защищены патентом РФ на изобретение № 2831741 «Способ подавления пульсаций давления в гидротурбине». Разработанный способ подавления пульсаций давления путем радиальной инъекции через актуатор может быть рекомендован проектным организациям для модернизации существующих и проектирования новых гидротурбин Френсиса. Результаты приводят к дальнейшему развитию научных основ управления нестационарными течениями в иных энергетических приложениях, например, для снижения вредных выбросов в горелочных устройствах, использующих закрутку потока для стабилизации горения. Накопленные обширные экспериментальные данные с одновременной фиксацией пульсаций давления и распределений скоростей за рабочим колесом модельной гидротурбины в различных режимах работы могут быть использованы для верификации численных расчетов течения за рабочим колесом. Созданная база

экспериментальных данных о распределении скоростей может быть использована для верификации аналитической модели винтового вихря с ядром конечного размера (Kuibiņ et al., 2014; Алексеенко и др., 2003) и необходима для её дальнейшего развития.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что достоверность полученных результатов обеспечивалась использованием современных хорошо зарекомендованных измерительных методик (лазерная доплеровская анемометрия, анемометрия по изображениям частиц), предварительной настройкой и калибровкой сертифицированного оборудования, проведением тестовых измерений, а также воспроизводимостью результатов с учетом рассчитанных погрешностей и сопоставлением с результатами других исследователей. Достоверность полученных данных обусловлена также публикацией результатов исследований в жестко рецензируемых научных журналах, включая издания, входящие в первый уровень Белого списка РЦНИ.

Личный вклад соискателя состоит в модернизации аэродинамического стенда, системы управления потоком, адаптации измерительного оборудования к условиям экспериментов, написании компьютерных программ, проведении экспериментальных исследований закрученного потока, обработке и анализе экспериментальных данных, а также в подготовке публикаций в рецензируемых журналах, патентов, научных докладов. Постановка задач и основные методы исследования были сформулированы соискателем совместно с научным руководителем, д.ф.-м.н. С. И. Шторком. Основные научные результаты и выводы, выносимые на защиту, получены соискателем самостоятельно. Все разработки и результаты исследований, изложенные в основном тексте диссертации без ссылок на другие источники, получены лично автором. В совместных публикациях вклад автора равнозначный.

Диссертационным советом 24.1.129.01 сделан вывод о том, что диссертация Сулова Даниила Андреевича представляет собой научно-квалификационную работу, в которой решена научная задача установления физических закономерностей воздействия активного управления на прецессирующее вихревое ядро в закрученном потоке за рабочим колесом модельной гидротурбины Френсиса и разработки на их основе эффективного метода подавления пульсаций давления в гидросистеме, имеющая существенное значение для развития таких разделов механики жидкости и газа, как гидродинамическая устойчивость пространственных течений, управление вихревыми потоками и смежные разделы. Представленная диссертационная работа соответствует критериям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013.

На заседании 13 мая 2026 года диссертационный совет 24.1.129.01 принял решение присудить Суслову Даниилу Андреевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 9 докторов физико-математических наук по профилю специальности 1.1.9. «Механика жидкости, газа и плазмы», участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали за присуждение ученой степени – 20, против – 0, недействительных бюллетеней – 1.

13 мая 2026 года

Председатель
диссертационного совета
академик РАН



С.В. Алексеев

Ученый секретарь
диссертационного совета
профессор РАН

В.В. Терехов