

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 31.1.006.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО АВТОНОМНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ ПРОФЕССОРА Н.Е. ЖУКОВСКОГО»
МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ (ДЕПАРТАМЕНТ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ),
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25 февраля 2025 г. № 2

О присуждении Матяшу Ивану Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Влияние адаптивной системы отсоса в криволинейном канале на аэродинамические характеристики воздухозаборника силовой установки летательного аппарата» **по специальности** 2.5.12. Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов, в виде рукописи принята к защите 17 декабря 2024 года (протокол № 28) диссертационным советом 31.1.006.01, созданным на базе Федерального автономного учреждения «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФАУ «ЦАГИ») Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Департамент авиационной промышленности). Адрес организации: 140180, Московская область, г. Жуковский, ул. Жуковского, д. 1. Приказом Минобрнауки России от 03.06.2021 №561/нк диссертационному совету 31.1.006.01 предоставлено право приема к защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание степени доктора наук.

Соискатель Матяш Иван Сергеевич, 16 апреля 1996 года рождения. В **2018** году соискатель принят на работу инженером в научно-исследовательское отделение ФГУП «ЦАГИ» (в настоящее время ФАУ «ЦАГИ») Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Департамент авиационной промышленности). В **2020** году соискатель окончил «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)». Присуждена квалификация магистр по направлению подготовки «Прикладные математика и физика». В **2024** году соискатель окончил аспирантуру ФАУ «ЦАГИ». Присуждена квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь» по направлению подготовки «Математика и механика». В настоящее время соискатель работает в должности младшего научного сотрудника в научно-исследовательском центре аэрогидродинамики (НИЦ АГД) ФАУ «ЦАГИ».

Диссертация выполнена в Федеральном автономном учреждении «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» в научно-исследовательском центре аэрогидродинамики (НИЦ АГД) ФАУ «ЦАГИ».

Научный руководитель: Босняков Сергей Михайлович, доктор технических наук, с.н.с., главный научный сотрудник в научно-исследовательском центре аэрогидродинамики (НИЦ АГД) ФАУ «ЦАГИ».

Официальные оппоненты:

Запрягаев Валерий Иванович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГУБН ИТПМ СО РАН,

Макаров Владимир Евгеньевич, кандидат физико-математических наук, с.н.с., начальник отдела ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Филиал ПАО «Яковлев» - «Региональные самолеты» (г. Москва) в своем **положительном** отзыве, подписанном начальником НИО Аэродинамики – заместителем главного конструктора по аэродинамике Бабулиным Андреем Александровичем, начальником департамента аэродинамических характеристик НИО

Аэродинамики, доктором технических наук Шевяковым Владимиром Ивановичем, главным специалистом департамента аэродинамических характеристик НИО Аэродинамики, кандидатом физико-математических наук Березко Максимом Эдуардовичем, **указала**, что диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, обладающую актуальностью, научной новизной и практической значимостью результатов, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.12. Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов. Диссертационная работа и отзыв прошли обсуждение на заседании НИО Аэродинамики филиала ПАО «Яковлев» – «Региональные самолеты», состоявшемся 31 января 2025 года.

Соискатель имеет 15 научных публикаций по теме диссертации, из них 5 работ опубликованы в научных журналах, которые включены в перечень ВАК российских рецензируемых научных журналов.

Наиболее значимые работы:

В изданиях из списка ВАК РФ:

1. Матяш И.С. Применение полуэмпирических критериев отрыва для верификации численного решения в задаче двумерного дозвукового турбулентного течения в криволинейном канале // Ученые записки ЦАГИ. – 2021. – Т. LII, № 4. – С. 34-46.

Приведены результаты численного расчета двумерного отрыва в криволинейном канале. В 3 главе диссертации показано принципиальное отличие структуры двумерного и трёхмерного отрывного течения.

2. Матяш И.С. Об особенностях трехмерного отрывного течения в осесимметричном канале криволинейной формы // Ученые записки ЦАГИ. – 2022. – Т. LIII, № 3. – С. 11-19.

Приведены основные результаты численного исследования трехмерного отрывного течения в криволинейном канале, изложенные в 3 главе диссертации.

3. Матяш И.С. Повышение эффективности работы системы отсоса пограничного слоя в криволинейном канале // Ученые записки ЦАГИ. – 2023. – Т. LIV, № 3. – С. 62-73.

Приведены результаты применения адаптивного щелевого отсоса в криволинейном канале, изложенные в 4 главе диссертации. Рассмотрено влияние ширины щели на характеристики потока. Проведено сопоставление с другими исследованиями по применению различных методов управления отрывом.

4. Матяш И.С. Численный расчет пульсаций полного давления в криволинейном канале для оценки эффективности системы отсоса пограничного слоя // Ученые записки ЦАГИ. – 2024. – Т. LV, № 3. – С. 50-58.

Приведены результаты нестационарных расчетных исследований методом IDDES, изложенных в 4 главе. Показано положительное влияние предлагаемой адаптивной системы отсоса на пульсации полного давления в канале.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы официальных оппонентов и ведущей организации.

Отзыв официального оппонента Запрягаева В.И. – положительный, имеются следующие замечания:

1. В главе 2 «Обоснование выбора расчетного метода для решения задачи расчета отрыва турбулентного потока вязкого газа от стенок гладкого криволинейного канала» автор значительное внимание уделяет исследованию модели турбулентности DRSM, хотя в реальной работе он эту модель не использует.

2. В работе исследован изолированный канал. Остается открытым вопрос, как интерференция с фюзеляжем самолета при верхней компоновке изменит сделанные выводы?

3. В работе нет описания алгоритма работы адаптивной системы отсоса. В частности, неясен принцип работы «улавливателя» отрывной зоны и «оценщика» ее размеров.

4. В эксперименте обнаружен эффект бифуркации, когда возможны два режима течения в канале, которые принципиально отличаются друг от друга. Получен или нет указанный эффект в расчете?

5. При проведении параметрических расчетов выбраны диапазоны варьирования

параметров потока. Где гарантия того, что охвачен весь диапазон и важный режим не оказался пропущенным?

6. Непонятно, почему простой критерий Бам-Зельдовича дает приемлемые результаты. Ведь коэффициент в этом критерии получен в совершенно других условиях?

7. Пульсации потока имеют важное значение при определении границ устойчивой работы двигателя. Почему автор подробно исследует неравномерности и только фрагментарно пульсации?

Отзыв официального оппонента Макарова В.Е. – положительный, имеются следующие замечания:

1. Возможность достоверного предсказания вязкого течения при заметных расходах ($q(\lambda) \approx 0,7$) в реальных криволинейных диффузорных каналах силовых установок, являющегося нестационарным по природе и подверженного влиянию многих факторов (зачастую трудно описываемых), находится на грани возможностей современных численных методов;

2. С учетом вышесказанного, несмотря на энтузиазм автора, решение научной части поставленной задачи – построение достоверной математической модели упомянутого течения в сколь-нибудь широком диапазоне определяющих параметров – на основе только численных методов является маловероятным (кстати, один из важных критических параметров, влияющих на исследуемое течение, – число Рейнольдса – в работе даже не упоминается).

3. Другим слабым местом работы является неопределенность схемы летательного аппарата (ЛА) для повышения летно-технических характеристик которого может быть в полной мере использована предлагаемая адаптивная схема управления течением в криволинейном диффузорном канале.

4. Естественное применение предлагаемой технологии управления течением в переходных диффузорных каналах в тракте ТРДД (между каскадами компрессора) в работе не упоминается.

Отзыв ведущей организации положительный, высказаны следующие замечания:

1. В работе отсутствует конструкторская проработка для реализации идеи «адаптивного отсоса». Неясен механизм открытия и закрытия щелей отсоса. Отсутствует весовая оценка данного предложения. Не затрагивается проблема защиты подвижных элементов от нарастания льда в канале и энергетические затраты на противообледенительную систему.

2. Показанная эффективность технического предложения не превышает 1-2% и может «утонуть» в побочных факторах, таких как ранний отрыв потока в канале вследствие попадания пограничного слоя с фюзеляжа самолета.

3. Недостаточность количества параметрических расчетов для построения моделей машинного обучения, в том числе моделей глубокого обучения, позволяющих широко варьировать параметры задачи, в частности, геометрии канала и учитывающих различные физические явления, например, отрыв потока в канале.

4. Способ визуализации в эксперименте не позволяет четко увидеть структуру течения и границы отрывной зоны на расчетных режимах, что создает трудности для качественной оценки эффекта использования щели.

На автореферат поступило 7 отзывов из организаций, перечисленных ниже.

1) Сколковский институт науки и технологий, инновационный центр «Сколково». Отзыв подготовил доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, Новиков А.В. Отзыв положительный, содержит три замечания:

1. В тексте автореферата отсутствуют ряд формулировок, например, параметр окружной неравномерности, критерий Бам-Зеликовича, формула влияния коэффициента восстановления полного давления на дальность полета. При этом эти термины интенсивно используются в тексте работы.

2. На иллюстрациях в реферате явно не отмечено положение рассматриваемой щели

отсоса, что затрудняет понимание.

3. На стр.15 присутствует опечатка: «представлены результаты корреляционного анализа между **выходными** и **выходными** параметрами...».

2) Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет. Отзыв подготовил доцент кафедры 106 «Аэродинамика, динамика и управление летательных аппаратов», кандидат физико-математических наук, доцент Попов С.А. Отзыв положительный, содержит два замечания:

1. В главах 3 и 4 исследуется одна версия геометрии канала, в эксперименте, подтверждающем результаты численных расчетов, другая – масштабированная. Не указаны причины масштабирования геометрии в эксперименте.

2. В диссертации отсутствуют разъяснения ряда обозначений и терминов, встречающихся в тексте.

3) Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук. Отзыв составила доктор физико-математических наук, с.н.с., главный научный сотрудник Козубская Т.К. Отзыв положительный, содержит три замечания:

1. Можно ли гарантированно указать место установки щелевого отсоса в воздухозаборнике? Насколько разброс параметров турбулентного течения в воздухозаборнике при всех режимах полета может повлиять на расположение зоны отрыва и связанного с ней местоположения системы адаптивного отсоса?

2. Можно ли при работе системы щелевого отсоса в режиме реального полета с гарантией избежать развития негативного сценария течения, которое может реализовываться, как следует из автореферата, когда сначала устанавливается необходимый расход через канал, а затем через щель?

3. В автореферате практически не представлено материалов (графиков и таблиц), демонстрирующих точность расчетов при верификации и валидации используемых подходов и методов численного моделирования.

4) Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук. Отзыв подготовил доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Титарев В.А. Отзыв положительный. Имеется одно замечание:

На странице 8 упоминается исследование оценки точности полученных численных решений, но подробности проведенных расчетов не приводятся.

5) «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики». Отзыв подготовил доктор физико-математических наук, начальник научно-исследовательского отдела – главный конструктор по программе Логос-Аэрогидро Козелков А.С. Отзыв положительный, содержит три замечания:

1. Во второй главе диссертации проделана большая работа по сравнению точности результатов, полученных с модели турбулентности SST и DRSM. Сделан вывод о превосходстве RSM модели, однако, полученные отличия признаны незначительными, из-за чего дальнейшие расчеты выполнены с моделями турбулентности SST. Из автореферата неясно, насколько сильная анизотропия присутствует в тензоре напряжений Рейнольдса в тестовых случаях и криволинейном канале. Остается неясным насколько вывод о незначительности отличий на тестовых моделях распространяем на криволинейный воздухозаборник.

2. В разделе 6.2 для построения суррогатной модели используется модель кригинга. Обоснования использования данного метода не дано.

3. Основным объектом исследования в диссертации является модель изолированного криволинейного канала. Открытым остается вопрос о применимости результатов исследования о воздухозаборнике в составе компоновки летательного аппарата.

6) Научно-исследовательский институт механики МГУ имени М.В. Ломоносова. Отзыв подготовил кандидат физико-математических наук, с.н.с., ведущий научный сотрудник Богданов А.Н. Отзыв положительный, содержит девять замечаний:

1. Некоторые формулировки малоудачны. Так, отмечен недостаток данных для "глубокого понимания" физики явления (стр. 3). Но ведь в рассмотренных соискателем процессов важна не их физика, а механика (физические превращения в них отсутствуют).

2. Не экспериментальное исследование, как указано соискателем (стр. 4), а его результаты составляют решенные задачи диссертационного исследования.

3. В автореферате на стр. 7 указано, что выбор задачи обусловлен отрывом потока с гладкой поверхности, но не указана причина возникновения отрыва.

4. В разделе 3.4 (стр. 9) отмечена симметричность полученного численного решения. Не является ли эта симметричность следствием предположений автора при постановке задачи?

5. Соискатель употребляет в тексте неявляющиеся общеизвестными термины «синтетическая турбулентность», "форсинг" (стр. 12) и «кригинг» (стр. 16) и не объясняет их.

6. Соискатель излишне часто употребляет иностранные термины – адаптивность, концептуальность (стр. 16). Судя по автореферату, адаптивность у соискателя – выбор надлежащего положения и формы, так конечно, не столь коротко, но зато яснее. С концептуальностью проще – это содержательность.

7. Не указано, в чем важность для процесса уменьшение окружной неоднородности (стр. 17).

8. В заключении указано, что адаптация щели позволяет получить лучший результат. Но ведь это ясно и из общих соображений! Следовало бы выразить конкретный результат с упором на то, что удалось определением соответствующего место положения и формы добиться заметного положительного результата.

9. Впечатляет обнаружение неединственности режимов течения в канале. Есть ли рекомендации, как этого избежать?

7) Опытнo-кoнcтpуктopcкoe бypo П.О. Сyxoгo. Отзвy пoдгoтoвили кaндидaт тexничecких нaук, глaвный кoнcтpуктop пo aэpoдинaмике Тaрacов A.З., глaвный кoнcтpуктop cупepкoмпьyтepных тexнoлoгий Кopнeв A.В., кaндидaт тexничecких нaук, вeдyщий тexнoлoг 3 кл. НИО-21, Зaм. yчeнoгo cекpетapя Oтдeлeния Нaучнo-тexничecкoгo coвeтa Нacoнoв Ф.А. Oтзвy пoлoжитeльный, coдepжит двa зaмeчaния:

1. Не указаны характеристики вычислительной системы, на основе которой проводились исследования, а также затраченное на проведение расчетов время.

2. В работе используется зарубежный программный продукт, тогда как существуют отечественные программные продукты инженерного анализа с набором необходимых физико-математических моделей.

Диссертaнт пpeдocтaвил aкт o ввeдpeнии peзyльтaтoв диссepтaциoннoй paбoты в aспиpнтype ФAУ «ЦAГИ». Aкт yтвepдил Пepвый зaмecтитeль гeнepaльнoгo дирeктopa ФAУ «ЦAГИ» Мeдвeдcкий A.Л.

Выбop oфициaльных oппoнeнтoв и вeдyщeй oргaнизaции oбocнoвывaeтcя их ширoкoй извecтнoстью cвoими дocтижeниями, кoмпeтeнтнoстью, нaличeм пyбликaций в дaннoй cфepe иccлeдoвaния и cпocoбнoстью oпpeдeлить нaучнyю и пpaктичecкyю цeннocть диссepтaции.

Диссepтaциoнный coвeт oтмeчaeт, чтo нa oснoвaнии выпoлнeнных coискaтeлeм иccлeдoвaний:

пoкaзaнo, чтo aдaптaция гeoмeтpии щeли в cистeмe oтcoca к paзмepaм oтpывa в кpивoлинейнoм кaнaлe пoзвoляeт пoлyчить бoльший выигpыш пo xapaктepиcтикaм тeчeния, чeм пpимeнeниe щeли бeз yчeтa гeoмeтpии oтpывa;

пoкaзaнa эффeктивнoсть пpeдлaгaeмoй aдaптивнoй cистeмы oтcoca в ширoкoм диапaзoнe знaчeний pacxoдa чepeз кaнaл, a тaкжe в ширoкoм диапaзoнe гeoмeтpичecких пapaмeтpoв кaнaлa.

Тeopетичecкaя знaчимocть иccлeдoвaния oбocнoвaнa тeм, чтo:

пoкaзaнa пpинципиaльнaя нeвoзмoжнoсть oбъяснить физичecкe ocoбeннocти

трёхмерного отрывного течения в криволинейном канале, исходя только из двумерных представлений об отрыве потока, так как ключевую роль приобретают «боковые» вихри, через которые газ уходит из отрывной зоны;

получены теоретические оценки влияния расхода воздуха через щель системы управления пограничным слоем и величины коэффициента восстановления полного давления в канале воздухозаборника на дальность полета летательного аппарата.

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

предложен адаптивный метод управления отрывом в криволинейном канале воздухозаборника за счет отсоса пограничного слоя;

подтверждён положительный эффект применения предлагаемой системы отсоса, наблюдаемый в численных расчетах, путем проведения экспериментальных исследований;

показано, что при применении системы отсоса пограничного слоя в криволинейном канале могут реализовываться два режима течения, один из которых улучшает характеристики потока на входе в двигатель, а второй – ухудшает;

полученные результаты можно использовать для разработки способа регулирования воздухозаборника перспективного гражданского самолета с учетом локальных особенностей потока.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

достоверность **обеспечивается** путём привлечения экспериментальных данных к созданию предлагаемых моделей и тщательным сопоставлением численных и аналитических результатов.

Апробация работы проходила на отраслевых, всероссийских и международных конференциях;

результаты диссертации **опубликованы** в ведущих российских журналах по тематике исследования.

Личный вклад соискателя состоит в:

Все результаты, представленные в диссертации, получены автором самостоятельно или при его непосредственном участии. Все экспериментальные исследования проведены и подготовлены при участии или лично автором. Постановка задачи и обработка результатов расчетов выполнялись автором. Обработка результатов и их анализ по каждой главе выполнены автором лично. Совместно полученные результаты представлены с согласия соавторов.

Соответствие паспорту специальности:

Диссертационное исследование по своему содержанию соответствует заявленной специальности 2.5.12. в пунктах: п. 1 (Теоретические, расчетные и экспериментальные исследования обтекания летательных аппаратов, объектов авиационной и ракетно-космической техники и их частей установившимися и неуставившимися потоками газовых сред), п. 2 (Расчетные и экспериментальные исследования аэродинамических характеристик летательных аппаратов и их элементов, разработка методов расчета этих характеристик, включая алгоритмы и программное обеспечение САПР летательных аппаратов), п. 6 (Аэродинамика двигательной установки (воздухозаборники, сопла, их согласование с двигателем)).

Соискатель Матяш И.С. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, а также согласился с некоторыми замечаниями.

На заседании 25 февраля 2025 года диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (в редакции Постановления Правительства РФ от 11.09.2021 № 1539). Диссертационный совет заключил, что за решение научной задачи, имеющей важное значение для повышения топливной эффективности двигателя и улучшения характеристик течения в криволинейных каналах

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них:

- Председатель
диссертационного совета
31.1.006.01,
д.ф.-м.н., профессор, акад

Ученый секретарь
диссертационного совета
31.1.006.01,
д.ф.-м.н., доцент

25 февраля 2025 года

Чернышев Сергей Леонидович

Брутян Мурад Абрамович

