

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 403.004.01
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
«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 2 марта 2021 г. № 4

О присуждении Пигусову Евгению Александровичу, гражданину России, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Применение энергетической системы увеличения подъемной силы для улучшения взлетно-посадочных характеристик двухдвигательного транспортного самолета» по специальности 05.07.01 – «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов» в виде рукописи **принята к защите** 15 декабря 2020 года (протокол №28) диссертационным советом Д 403.004.01 на базе Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФГУП «ЦАГИ») Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Департамент авиационной промышленности). Адрес организации: 140180, Московская область, г. Жуковский, ул. Жуковского, д. 1. Приказом Минобрнауки России №75/нк от 15.03.2013 диссертационному совету Д 403.004.01 предоставлено право приёма к защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, доктора наук.

Соискатель Пигусов Евгений Александрович 1988 года рождения.

В 2010 году соискатель окончил «МАТИ-Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского» (в настоящее время: «Московский авиационный институт» (национальный исследовательский университет)). В 2012 году Пигусов Е.А. поступил в заочную аспирантуру ФГУП «ЦАГИ», которую окончил в 2016 году. В настоящее время **работает** начальником отдела центра комплексной интеграции технологий ФГУП «ЦАГИ», Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Департамент авиационной промышленности).

Диссертация выполнена в научно-исследовательском отделении аэродинамики самолетов и ракет комплекса аэродинамики и динамики полета ЛА ФГУП «ЦАГИ», Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Департамент авиационной промышленности).

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Петров Альберт Васильевич, ФГУП «ЦАГИ», Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Департамент авиационной промышленности), отделение аэродинамики самолетов и ракет комплекса аэродинамики и динамики полета ЛА, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Шевяков Владимир Иванович – доктор технических наук, Филиал

«Региональные самолеты» ПАО «Корпорация Иркут», г. Москва, начальник департамента аэродинамических характеристик;

Головнев Александр Викторович – кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, начальник кафедры аэродинамики и безопасности полета

– дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Публичное акционерное общество «Авиационный комплекс им. С.В. Ильюшина» (ПАО «Ил»), г. Москва. В положительном заключении, подписанном Кругляковой Ольгой Валентиновной – заместителем главного конструктора по аэродинамике, динамике полета и системе управления самолетом, кандидатом технических наук, указано, что диссертационная работа Пигусова Евгения Александровича «Применение энергетической системы увеличения подъемной силы для улучшения взлетно-посадочных характеристик двухдвигательного транспортного самолета» соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор, Пигусов Евгений Александрович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.01 – «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов». Отзыв обсужден на научном семинаре отдела аэродинамики ПАО Авиационный комплекс им. С.В. Ильюшина» (протокол №113-01 от 28.01.2021).

Соискатель имеет 34 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации – 14 работ, из них 2 – опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и 2 – в изданиях, входящих в базу данных Scopus.

Наиболее значимые работы:

1. Петров А.В., Пигусов Е.А. Экспериментальные исследования эффективности системы обдува струями реактивных двигателей механизированного крыла на модели двухдвигательного транспортного самолета короткого взлета и посадки. Ученые записки ЦАГИ. 2019. Т. 50. № 2. С. 3-16.

Авторский вклад 50%. В работе продемонстрирована перспективность применения энергетической системы увеличения подъемной силы на двухдвигательном транспортном самолете короткого взлета и посадки. Представлены результаты экспериментальных исследований в аэродинамической трубе малых скоростей Т-102 ЦАГИ модели двухдвигательного среднего транспортного самолета короткого взлета и посадки с системой обдува нижней поверхности крыла и отклоненных щелевых закрылков струями эжекторных имитаторов ТРДД сверхбольшой степени двухконтурности. Рассмотрены основные особенности влияния реактивных струй на аэродинамические характеристики модели во взлетной, посадочной и крейсерской конфигурациях. Исследованы возможности активного управления аэродинамическими характеристиками самолета за счет использования адаптивного элемента механизации в виде отклоняемой хвостовой части крыла. Проведена сравнительная оценка аэродинамических характеристик среднего транспортного самолета короткого взлета и посадки с двумя и четырьмя двигателями.

2. Павленко О.В., Пигусов Е.А. Численное исследование особенностей обтекания отсека крыла с системой тангенциального выдува струи на закрылок. Автоматизация. Современные технологии. 2018. Т. 72. № 4. С. 166-171.

Авторский вклад 50%. В работе приведены результаты расчета обтекания отсека крыла с системой тангенциального выдува струи на закрылок. Для оценки достоверности полученных результатов проведена валидация с использованием результатов экспериментальных исследований. Выявлены особенности физической картины течения при подавлении отрыва потока на нецелевом закрылке и, в частности, наличие отсоединённого отрыва, который существует на некотором расстоянии позади закрылка в виде области возвратного течения над поверхностью закрылка и отделённого от неё слоем безотрывного течения.

3. Pavlenko O.V., Pigusov E.A. Numerical investigation of the aerodynamic loads and hinge moments of the flap with boundary layer control. AIP Conference Proceedings №1959, 050024; <https://doi.org/10.1063/1.5034652>.

Авторский вклад 50%. Работа посвящена численному моделированию тангенциального выдува высокоскоростной струи на поворотный нецелевой закрылок для подавления отрыва потока. Расчетное исследование, при хорошей сходимости с экспериментальными данными, позволило получить дополнительную информацию о влиянии выдува на поле течения и распределение скоростей вблизи исследуемой модели, на формирование отсоединённого отрыва, на распределение давления по всей поверхности крыла, а также на величины шарнирных моментов отклонённого закрылка. Статья индексируется в SCOPUS.

4. Pavlenko O., Petrov A., Pigusov E. Concept of medium twin-engine STOL transport airplane. // 31-th Congress of the international council of the aeronautical sciences, ICAS 2018, Belo Horizonte, Brazil, 2018. ICAS2018-0104.

Авторский вклад 33%. В работе представлены результаты расчетно-экспериментальных исследований по формированию концепции среднего двухдвигательного транспортного самолета короткого взлета и посадки с комбинированной энергетической системой увеличения подъемной силы. Показано, что применение комбинированной энергетической системы увеличения подъемной силы может обеспечить существенное повышение подъемной силы крыла на режимах взлета и посадки самолета за счет обеспечения безотрывного обтекания закрылков и эффективного отклонения реактивных струй двигателей, а также улучшить крейсерские характеристики самолета путем подавления волнового отрыва потока на крыле при больших дозвуковых скоростях. Исследовано влияние отказа двигателя на аэродинамические характеристики, устойчивость и управляемость самолета. Статья индексируется в SCOPUS.

Основные результаты, представленные в публикациях, доложены автором на 9-ти международных и отраслевых конференциях.

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

Отзыв **официального оппонента** В.И. Шевякова – положительный, замечания следующие:

1. В экспериментальной части работы делается вывод о том, что эффективные углы отклонения струи и коэффициент потери импульса для случаев двух и четырех двигателей равны. Однако значений эксперимента в АДТ для четырех двигателей не приводится. Аналогичная ситуация со значениями $C_u \max$.
2. При разработке концепции двухдвигательного самолета укороченного взлета и посадки с обдувом нижней поверхности крыла было бы интересно посмотреть

сравнение с самолетом, на котором применен обдув верхней поверхности, например Ан-74.

3. При исследованиях по определению эффективности применения систем УПС на различных режимах полета не представлено оценки, хотя бы в первом приближении, возможности практического обеспечения потребного расхода воздуха для работы систем УПС.

Отзыв **официального оппонента** А.В. Головнева – положительный, замечания следующие:

1. Утверждение о сокращении взлетно-посадочной полосы до длины 800 метров, полученное на основе исследований, несколько оптимистичны, так как необходимая длина взлетно-посадочной полосы для посадки меньше чем для взлета. Длина взлетно-посадочной полосы, в первую очередь, определяется из условий обеспечения безопасного взлета при отказе двигателя.
2. В работе ничего не говорится о проведенных исследованиях сеточной сходимости разностных схем, используемых для *RANS* - моделирования обтекания профилей и транспортного самолета.
3. При экспериментальном исследовании и численном моделировании отказа правого двигателя для посадочной конфигурации не достаточно уделено внимания характеру изменения лобового сопротивления, что не раскрывает полной картины влияния отказа двигателя и способов балансировки самолета.
4. В работе представлены только исследования (экспериментальные и численные) по моделированию отказа двигателя на посадке, однако не менее важным является обеспечение безопасного взлета при отказе двигателя. Таких исследований в работе нет.

Отзыв **ведущей организации** – положительный, замечания следующие:

1. В экспериментальных исследованиях по моделированию отказа одного двигателя отсутствуют результаты исследований в боковом канале.
2. Исследования модели выполнены вблизи неподвижного экрана, не достаточно адекватно моделирующего влияние близости земли на аэродинамические характеристики модели самолета со струйной системой увеличения подъемной силы.

На автореферат поступили отзывы из организаций, перечисленных ниже.

1. Отзыв на автореферат Публичного акционерного общества «Туполев» (ПАО «Туполев»), г. Москва составлен начальником отдела аэродинамических исследований ПКЦ «Аэродинамика», кандидатом технических наук Ерохиным Павлом Васильевичем. Отзыв положительный, имеются следующие замечания:

- В п. 2.3 автореферата не сказано, чем обоснован выбор углов отклонения хвостовой части крыла $\delta_{кр}=8^\circ$ и 12° .
- В п.3.2.1 не отмечено, на основании какой информации для данного расчёта была выбрана модель турбулентности именно «*k- ϵ realizable*».
- В п.3.2.1 не приведено расположение дефлектора и не показан схематически угол его отклонения.

2. Отзыв на автореферат Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), г. Москва составлен заведующим

кафедрой «Аэродинамика, конструкция и прочность летательных аппаратов», доктором технических наук, профессором Киселевым Михаилом Анатольевичем и доцентом кафедры «Аэродинамика, конструкция и прочность летательных аппаратов», кандидатом технических наук Бородкиным Сергеем Филипповичем. Отзыв положительный, имеется следующее замечание:

- Следует отметить недостаточную убедительность представленных результатов в части оценки эффективности предлагаемых автором мероприятий. Так, оценка взлетных характеристик самолета с предлагаемой автором системой увеличения подъемной силы крыла для обеспечения короткого взлета и посадки производится при неизменных значениях нагрузки на крыло и тяговооруженности, хотя очевидно, что внедрение системы увеличения подъемной силы крыла утяжелит самолет (например, за счет дополнительных трубопроводов подвода воздуха) и, кроме того, приведет к изменению направления вектора тяги, что отрицательно повлияет на тангенциальное ускорение на разбеге тем самым уменьшив фактическую тяговооруженность на взлете.

3. Отзыв на автореферат Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ), г. Москва, составлен начальником НИО-105 МАИ, доцентом, кандидатом физико-математических наук Поповым Сергеем Александровичем. Отзыв положительный, имеются следующие замечания:

- На рис.7 используется очень мелкий, практически не читаемый, размер шрифта;
- При описании результатов расчетных исследований не приведена информация о разрешении расчетных сеток, достоверности полученных результатов.

4. Отзыв на автореферат Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Баумана), г. Москва, составлен доцентом кафедры «Динамика и управление полетом ракет и космических аппаратов» МГТУ им. Баумана, кандидатом технических наук, доцентом Луценко Александром Юрьевичем и доцентом кафедры «Динамика и управление полетом ракет и космических аппаратов» МГТУ им. Баумана, кандидатом технических наук Назаровой Динарой Камилевной. Отзыв положительный, имеются следующие замечания:

- Не иллюстрируется сравнение результатов расчетных исследований с экспериментом, что наглядно показало бы возможность применения используемой методики численного моделирования для рассматриваемого типа задач.
- Рисунок 9 не в полной мере иллюстрирует полученный в работе результат, что величины аэродинамического сопротивления и момента значительно меньше при двухдвигательной конфигурации. Есть путаница в названиях и обозначениях аэродинамических коэффициентов.
- Непонятно, для какого вида и параметров газа проведено численное моделирование, как результаты моделирования соотносятся с экспериментальными данными, полученными на воздухе.
- Не все используемые в тексте сокращения введены, часть из них расшифрованы после первого упоминания, что затрудняет чтение автореферата.

5. Отзыв на автореферат **Акционерного общества «Уральский завод гражданской авиации» (АО «УЗГА»)**, г. Москва, составлен начальником отдела численных методов и компьютерного моделирования Инженерного центра, кандидатом физико-математических наук Владимировой Натальей Алексеевной. Отзыв положительный, имеются следующие замечания:

- Из текста автореферата не ясно, требуется ли модификация исходного профиля крыла при использовании КСУПС.
- Нет объяснения, чем обусловлен выбор технического решения по отклонению струи двигателя при помощи дефлектора, а не использование, например, более глубокой интеграции двигателя в планер самолета.
- В разделах Главы №3, содержащих результаты моделирования сеточными методами вычислительной аэродинамики обтекания трехмерных компоновок самолета с учетом воздействия струй двигателей, не указаны топология и размеры (количество объемных ячеек) сеток, требуемые вычислительные мощности и затраченное процессорное время. Эти данные позволяют косвенно судить о точности и достоверности полученных результатов расчетов.

6. Отзыв на автореферат **Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»**, г. Жуковский, составлен профессором кафедры информатики и вычислительной математики МФТИ (НИУ), доктором физико-математических наук, доцентом Шалаевым Владимиром Ивановичем. Отзыв положительный, замечаний нет.

Имеется **акт о реализации** в отделе «Аэродинамика и динамика полета» ПАО «Ил» **научных результатов диссертационной работы** Пигусова Евгения Александровича, подписанный заместителем главного конструктора ПАО «Ил» по аэродинамике, динамике полета и системе управления самолетом, кандидатом технических наук Кругляковой Ольгой Валентиновной, начальником отдела «Аэродинамика и динамика полета» Цимбалуком Геннадием Михайловичем, ведущим инженером - конструктором отдела «Аэродинамика и динамика полета» Лоренсо Пакина Александром и утверждённый Главным конструктором ПАО «Ил» Ганиным Сергеем Викторовичем.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями, компетентностью и способностью определить научную и практическую ценность диссертации, что подтверждено списками работ по профилю диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

экспериментально доказана эффективность системы обдува нижней поверхности крыла и отклоненных щелевых закрылков реактивными струями двух ТРДД сверхбольшой степени двухконтурности ($m=16-18$), обеспечивающей достижение высокого уровня несущих свойств ($C_{yMAX}>5$), необходимого для реализации режимов короткого взлета и посадки;

разработаны и исследованы эффективные способы обеспечения безопасности полета двухдвигательного транспортного самолета с системой обдува нижней поверхности крыла и закрылков при отказе двигателя, основанные на парировании

возникающих моментов крена и рыскания путем дифференциального отклонения адаптивного элемента механизации крыла и закрылков на консолях крыла и применения высокоэффективных органов управления с системой управления пограничным слоем;

разработана концепция двухдвигательного транспортного самолета с новой комбинированной энергетической системой увеличения подъемной силы, основанной на совместном использовании простого поворотного закрылка с системой управления пограничным слоем и системы обдува нижней поверхности крыла и закрылка струями ТРДД, отклоняемых при помощи дефлекторов, обеспечивающей достижение высокого уровня несущих свойств ($C_{y_{MAX}} > 5$) на взлетно-посадочных режимах и возможность активного управления аэродинамическими характеристиками на крейсерском режиме.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что система обдува нижней поверхности крыла и отклоненных щелевых закрылков реактивными струями двух ТРДД обеспечивает достижение высокого уровня несущих свойств, сравнимого с системой обдува струями четырех двигателей; **выявлены** проблемы, возникающие при отказе одного двигателя на двухдвигательном самолете на режиме короткого взлета и посадки, и разработаны основные мероприятия по обеспечению безопасности полета двухдвигательного транспортного самолета короткого взлета и посадки при отказе одного из двигателей,

предложена новая комбинированная энергетическая система увеличения подъемной силы и выполнены расчетные оценки эффективности ее применения.

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

разработаны и внедрены технические решения при создании перспективного авиационного комплекса военно-транспортной авиации в ПАО «Ил»,

на работу даны положительные отзывы ведущих организаций, занимающихся разработкой транспортных самолетов (ПАО «Туполев», АО «УЗГА»).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные результаты получены на аттестованном оборудовании (Аттестат № 020 от 25.12.2013),

идея работы базируется на анализе научной литературы и результатах исследований самолетов короткого взлета и посадки,

использовано сопоставление расчетных данных с результатами эксперимента, а также с привлечением результатов из открытых источников,

установлено качественное и количественное согласование расчетных и экспериментальных результатов исследования,

использованы современные расчетные и экспериментальные методы для оценки влияния обдува струями ТРДД механизированного крыла и управления пограничным слоем крыла путем тангенциального выдува струи сжатого воздуха.

Личный вклад соискателя состоит:

– **в проведении:**

- анализа научной литературы по теме диссертации,
- расчетных и экспериментальных исследований,

– **в разработке:**

- мероприятий по обеспечению безопасности полета двухдвигательного транспортного самолета короткого взлета и посадки при отказе одного из

двигателей,

- комбинированной энергетической системы увеличения подъемной силы крыла,
 - концепции двухдвигательного транспортного самолета короткого взлета и посадки с комбинированной энергетической системой увеличения подъемной силы крыла;
- **в выполнении:**
- сравнительной оценки взлетно-посадочных характеристик предложенного двухдвигательного транспортного самолета короткого взлета и посадки,
 - обработки экспериментальных данных во всех экспериментах;
- **в подготовке** публикаций в периодических изданиях и выступлениях с докладами на отраслевых и международных конференциях.

На заседании 2 марта 2021 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденному Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 01.10.2018 №1168) и принял решение присудить Пигусову Евгению Александровичу учёную степень кандидата технических наук по специальности 05.07.01 – «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них:

- по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»
6 докторов физико-математических наук,
1 доктор технических наук;
- по специальности 05.07.01 – «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов»
2 доктора физико-математических наук,
6 докторов технических наук;
- по специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»
1 доктор физико-математических наук,
4 доктора технических наук;

участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени 19, против присуждения учёной степени 1, недействительных бюллетеней 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета Д 403.004.01,
доктор физико-математических наук

Учёный секретарь
диссертационного совета Д 403.004.01,
доктор физико-математических наук

2 марта 2021 года


С.В. Ляпунов


М.А. Брутян