

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.12

**Соискатель:** Приходько Станислав Юрьевич

**Тема диссертации:** Методика оценивания эффективной тяги газотурбинных двигателей в летных испытаниях

**Специальность:** 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов»

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:**

На заседании 22 ноября 2018 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, установленным Положением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить Приходько Станиславу Юрьевичу ученую степень кандидата технических наук.

**Присутствовали:** председатель диссертационного совета В.В. Малышев, заместитель председателя диссертационного совета М.Н. Красильщиков, ученый секретарь диссертационного совета А.В. Старков, члены диссертационного совета: В.Т. Бобронников, В.С. Брусов, Л.В. Вишнякова, В.Н. Евдокименков, А.В. Ефремов, К.А. Занин, А.И. Кибзун, М.С. Константинов, В.П. Махров, С.Н. Падалко, В.Г. Петухов, В.Н. Почукаев, Г.Г. Себряков, Ю.В. Тюменцев, А.В. Шаронов.

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 212.125.12, к.т.н.



 А.В. Старков

И.о. начальника отдела УДС МАИ  
Т.А. Аникина

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.12**

на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
(ФГБОУ ВО МАИ)

**по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 22.11.2018 г., протокол № 32

О присуждении **Приходько Станиславу Юрьевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методика оценивания эффективной тяги газотурбинных двигателей в летных испытаниях» по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов» принята к защите «03» сентября 2018 г., протокол № 16, диссертационным советом Д 212.125.12 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ, Московский авиационный институт), 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказ о создании совета № 105/нк. от 11.04.2012 г.

**Соискатель** Приходько Станислав Юрьевич 1990 года рождения, в 2013 г. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «Самолето- и вертолетостроение» с присуждением квалификации «инженер».

**В период подготовки диссертации** соискатель обучался в очной аспирантуре кафедры «Проектирование и сертификация авиационной техники» факультета «Авиационная техника» МАИ, которую закончил в 2016 году.

**Диссертация выполнена** в МАИ на кафедре «Проектирование и сертификация авиационной техники».

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Проектирование и сертификация авиационной техники» факультета «Авиационная техника» МАИ **Корсун Олег Николаевич**.

**Официальные оппоненты:**

1. **Кубланов Михаил Семенович** – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Аэродинамика, конструкция и прочность летательных аппаратов» Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА).
2. **Макаров Владимир Евгеньевич** – гражданин Российской Федерации, кандидат физико-математических наук, начальник отдела «Термодинамика и аэродинамика силовых установок» ФГУП «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова».

Все оппоненты дали **положительные отзывы о диссертации**.

**Ведущая организация**

Акционерное общество «Летно-исследовательский институт имени М.М. Громова», г. Жуковский Московской области, дало **положительный отзыв** (отзыв заслушан, обсужден и одобрен 06 ноября 2018 г. на заседании Научно-технического совета предприятия), подписан начальником НИО-2 А.Н. Замятиным, кандидатом технических наук, начальником лаборатории 22 НИО-2 В.А. Дерябиным, кандидатом технических наук. Отзыв утверждён первым заместителем генерального директора по науке, начальником НИЦ АО «Летно-исследовательский институт имени М.М. Громова» В.В. Цыплаковым.

В заключении указано, что диссертация Приходько С.Ю. соответствует специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов», является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача идентификации сил тяги силовой установки при проведении летных испытаний, имеющая техническое и социально-экономическое значение. Диссертация соответствует требованиям п. 9

«Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями, внесёнными Постановлением Правительства РФ от 21 апреля 2016 г. № 335), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью в области науки по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов» и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Акционерное общество «Летно-исследовательский институт имени М.М. Громова» является ведущей организацией при проведении летных исследований и испытаний в области аэродинамики низких и высоких скоростей, динамики полета, технологии силовых установок и бортового оборудования летательных аппаратов.

Кубланов Михаил Семенович - автор более 130 научных трудов. Область научных интересов – механика, математические методы моделирования.

Макаров Владимир Евгеньевич – автор более 50 научных трудов. Область научных интересов – аэродинамика, численные методы, моделирование авиационных двигателей.

**Основные результаты диссертационной работы** изложены в 2-х научных работах, опубликованных в научных журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК. Всего по теме диссертации соискатель имеет 5 опубликованных работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Приходько С.Ю., Корсун О.Н., Поплавский Б.К. Алгоритм отдельной идентификации сил тяги и аэродинамического сопротивления устойчивый к шумам бортовых измерений // Полет. – 2018. – № 5. – С. 8-14. (№1492 в перечне ВАК от 22.05.2018 г.)

2. Приходько С.Ю., Моунг Хтанг Ом, Чжо Зин Латтё Разработка алгоритма повышения точности идентификации аэродинамических коэффициентов на основе гармонических входных сигналов // Труды МАИ. – 2018. – № 99. – Режим доступа к журн.: <http://trudymai.ru/published.php?ID=91920> (08.06.2018). (№2017 в перечне ВАК от 22.05.2018 г.)

Кроме того, по теме диссертации имеется научная работа в журнале из перечня ВАК по группе специальностей 05.11.00 – приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы:

1. Приходько С.Ю. Идентификация силы тяги при изменении режима работы двигателей в летных испытаниях // Качество и жизнь. – 2017. – № 4. – С. 32-35.

**На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:**

**1. Акционерное общество «Летно-исследовательский институт имени М.М. Громова» (ведущая организация). Отзыв положительный.**

К диссертационной работе имеются замечания.

1. В диссертации не вполне корректно используются термины в первую очередь, такие, как эффективная тяга, внутренняя тяга, стендовая тяга, тяга силовой установки. Применённый автором термин «абсолютная тяга» является неудачным, так как может трактоваться как еще одно определение тяги, отличное от стандартных.

2. Предложенный автором метод идентификации величины эффективной тяги подтвержден только по данным стендового моделирования и нуждается в проведении специальной проверки в летном эксперименте при выполнении сравнения с существующей технологией летных испытаний.

3. Допущение, которое сделано диссертантом о пренебрежимо малом изменении тяги на предлагаемом тестовом режиме для первого метода, требует более чёткого обоснования.

4. Определение входного импульса по данным газодинамической модели двигателя следует признать не достаточно точным, так как не учитываются потери

тяги полного давления воздухозаборнике при изменении угла атаки самолета, что неизбежно отразится на достоверности определения величины полной тяги.

5. Название диссертации не вполне точно соответствует её содержанию, поскольку не отражено то, что тяга оценивается методом анализа динамики движения самолёта.

6. Поскольку в диссертации приведено обоснование методики только по данным моделирования, материалы диссертации не дают убедительного доказательства того, что тяга силовой установки с приемлемой точностью может быть оценена с использованием предложенных методов в натурном эксперименте.

**2. Кубланов Михаил Семенович** (официальный оппонент), доктор технических наук, профессор. **Отзыв положительный**, заверен проректором МГТУ ГА по НР и И, доктором технических наук, профессором В.В. Воробьевым.

К работе имеются следующие замечания.

1. Во втором разделе диссертации, посвященном разработке методов и алгоритмов, весьма затруднено выявление новых предложений автора из текста, избыливающего разработками других авторов.

2. В конце п. 2.1 упущено одно из самых важных требований к условиям проведения летных испытаний – обеспечение квазистационарности.

3. В математических преобразованиях в разделе 2 не учтена возможность расположения двигателей на летательном аппарате с углом установки относительно продольной оси в горизонтальной плоскости.

4. Изложение требований к организации и проведению летных испытаний не снабжено прямым обоснованием.

5. Работа не лишена погрешностей стилистического характера. Пунктуация на посредственном уровне.

**3. Макаров Владимир Евгеньевич** (официальный оппонент), кандидат физико-математических наук. **Отзыв положительный**, заверен ученым секретарем ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», доктором экономических наук, доцентом Е.В. Джамай.

По диссертационной работе имеются следующие замечания.

1. Методы и способы определения эффективной тяги силовой установки, рассматриваемые в диссертационной работе служат не «...для устранения недостатков...» традиционных способов определения тяги двигателя (например, по результатам стендовых испытаний и/или с использованием современных расчетных методов), как указано во введении на страницах 4 и 5, а могут дополнять эти способы при проведении летных испытаний, причем актуальность рассматриваемых в работе методов будет возрастать в случае конфликтных ситуаций при определении причин невыполнения требований Заказчика к основным лётным данным самолета.

2. Очевидным достоинством рассматриваемых в работе методов является то, что они имеют дело именно с эффективной тягой двигателя, понимаемой как усилие в узлах крепления силовой установки к планеру, однако используемая в разделе 2 работы математическая связь этой эффективной тяги с выходным и входным импульсами двигателя, носит более сложный, чем указано в формуле (2.46) характер.

3. Одним из основных требований при проведении идентификации с использованием предлагаемых в работе методов и алгоритмом является постоянство эффективной тяги, однако на графиках раздела 3.3, иллюстрирующих рассматриваемые участки полетных маневров можно выявить зоны, где одновременно растет угол атаки, перегрузка  $n_y$  и воздушная скорость, что возможно только при разгоне самолета, т.е. при увеличении эффективной тяги силовой установки.

4. Восприятию содержания диссертации мешает использование автором ряда терминов, непривычных для восприятия, например, «оценивание», «раздельные оценки/оценивание», «максимум правдоподобия», а также отсутствие четкой понятной схемы сил, действующих на силовую установку и летательный аппарат при его движении по траектории полета.

#### **4. ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации».**

Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником отдела, кандидатом технических наук Е.В. Пенясовым, старшим научным сотрудником, кандидатом технических наук Н.С. Винокуровым и утвержден заместителем начальника ЦНИИ ВВС (Минобороны России) по научной работе, кандидатом технических наук В.А. Панковым.

К работе имеются следующие замечания.

1. Тема диссертации сформулирована не достаточно корректно, поскольку эффективная тяга характеризует свойство силовой установки, а не газотурбинного двигателя.
2. Работоспособность методики экспериментально подтверждена в диапазоне полетов с дозвуковой скоростью в то время, как вопрос о ее работоспособности в летных экспериментах со сверхзвуковой скоростью остался открытым.

#### **2. Служба безопасности полетов авиации Вооруженных сил Российской Федерации.**

Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан ведущим советником СБП авиации ВС РФ, кандидатом военных наук А.Н. Климовым, начальником отдела (информационно-аналитического и автоматизации) СБП авиации ВС РФ, кандидатом технических наук А.В. Семеновым, начальником группы отдела (информационно-аналитического и автоматизации) СБП авиации ВС РФ, кандидатом технических наук А.Н. Маниным и утвержден Врио начальника Службы безопасности полетов авиации Вооруженных Сил Российской Федерации А.И. Евдокимовым.

К работе имеются следующие замечания.

1. В материалах исследования не показана степень достоверности априорных данных о газотурбинном двигателе, используемых при реализации



метода совместной идентификации сил эффективной тяги силовой установки и аэродинамического сопротивления.

**3. Войсковая часть 15650-16 (4 Научно-исследовательское испытательное управление 929 государственного летного испытательного центра Министерства обороны Российской Федерации).**

Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заместителем командира войсковой части 15650-16, кандидатом технических наук В. Париевским, начальником отдела войсковой части 15650-16 А. Илларионовым, старшим научным сотрудником войсковой части 15650-16, кандидатом технических наук Х. Гаджиевым, начальником отделения войсковой части 15650-16 Б. Корень и утвержден командиром войсковой части 15650-16, кандидатом технических наук В.А. Брусковым.

К работе имеются следующие замечания.

1. Из материалов автореферата не ясно, была ли проведена оценка возможности применения метода оценивания приращения эффективной силы тяги при изменении режима работы двигателей в условиях применения оперативно-тактической авиации (переменная скорость полета, изменяющийся режим работы двигателей). Рассматриваемый метод в большей степени применим для условий эксплуатации воздушного судна в военно-транспортной авиации.

2. Не полностью учитываются различные влияющие факторы, ограничивающие применение разработанной методики. По материалам автореферата не ясно, учитывает ли автор в предлагаемой методике изменение массы топлива летательного аппарата и пр.

**4. АО «Московский вертолетный завод имени М.Л. Миля».**

Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заместителем главного конструктора по теме: «Тяжелые вертолеты», кандидатом технических наук С.Ф. Бородкиным и заверен начальником отдела кадров А.А. Алимовым.

К работе имеются следующие замечания.

1. Отсутствует обоснование использования метода наименьших квадратов для определения оценок коэффициентов силы аэродинамического сопротивления и выходного импульса  $P_{\text{вых}}$ ;

2. В автореферате не приведены результаты оценки достоверности моделирования стендовой тяги двигателя, идентифицируемой по газодинамической модели двигателя, представленные на рисунке 5.

### **7. АО «Научно-производственное предприятие «Топаз».**

Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником сектора диагностики, кандидатом технических наук А.А. Шестериковым и утвержден генеральным директором, доктором технических наук, профессором С.А. Исаевым.

К работе имеются следующие замечания.

1. Из автореферата не ясно, каким образом по данным летного эксперимента получены уравнения идентификации тяги силовой установки.

2. В материалах автореферата не приведена информация об определении требований к точностным характеристикам датчиков и частности регистрации параметров для обеспечения необходимой достоверности.

3. Из материалов автореферата не ясно, производится ли в технологии оценки приращений эффективной тяги силовой установки учет массы воздушного судна, а также изменений массы в процессе полета.

### **8. АО «Московский научно-производственный комплекс «Авионика» имени О.В. Успенского».**

Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан главным конструктором ТН-17, кандидатом технических наук, доцентом В.С. Кулабуховым, начальником сектора, кандидатом технических наук В.В. Булгаковым и утвержден управляющим директором АО МНПК «Авионика» В.Ф. Заец.

К работе имеются следующие замечания.

1. В работе (стр.13 автореферата) оцениваются приращения тяги, но неясно, откуда взять исходное значение тяги при постоянном режиме работы двигателя? Из моделирования? Но оно уже объявлено автором неточным (на стр. 3 автореферата, например).

2. При описании предложенного автором алгоритма упоминается целесообразность выполнения дачи РУС по тангажу с целью повышения вероятности появления на траектории маневра точек с одинаковыми значениями углов атаки и скоростного напора. Иными словами алгоритм при некотором стечении условий полета может оказаться неработоспособным.

3. В тексте автореферата не приведена разработанная автором методика по шагам.

4. На стр. 16 автореферата указывается, что для идентификации использовалась модификация классического метода Ньютона. Однако соответствующих формул в тексте автореферата нет.

5. В тексте автореферата автор недостаточно четко сформулировал постановку задачи исследования: сначала проблема разделения оценок сил тяги силовой установки и аэродинамического сопротивления ЛА объявляется неразрешимой, затем - решаемой, причем без установки дополнительных датчиков.

## **9. АО «Государственное машиностроительное конструкторское бюро «Вымпел» имени И.И. Торопова».**

Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан помощником заместителя генерального директора по научной работе – директором научно-исследовательского и лётно-испытательного центра, доктором технических наук М.Н. Правидло, главным специалистом конструкторского бюро по интеграции с авиационными носителями Л.Ю. Путинцевым, главным специалистом научно-исследовательского и лётно-испытательного центра В.А. Мынкиным и утвержден заместителем генерального директора по НИОКР, кандидатом технических наук А.Н. Беляевым.

К работе имеются следующие замечания.

1. В автореферате не раскрыты конкретные параметры специальных манёвров, что затрудняет возможность независимого проецирования достигнутых автором научно-технических результатов на другие объекты.

2. Не приведены результаты верификации задействованного в методике современного программного комплекса ФГУП «ЦИАМ», подтверждающие правомерность использования получаемых из него данных в качестве априорных для решения всего спектра решаемых задач.

3. Не чётко прослеживаются возможные перспективы для дальнейшего научно-технического развития и целевой программной реализации разработанной методики по другим направлениям.

4. Приведенные расчёты по данной методике ограничены дозвуковыми скоростями, что оставляет открытым вопрос её применения для военных самолётов и специальных беспилотных ЛА с ТРД.

**В дискуссии приняли участие:**

| Фамилия, имя, отчество          | Ученая степень, шифр специальности в совете |
|---------------------------------|---|
| Малышев Вениамин Васильевич     | д.т.н., 05.07.09                            |
| Бобронников Владимир Тимофеевич | д.т.н., 05.13.01                            |
| Ефремов Александр Викторович    | д.т.н., 05.07.09                            |
| Красильщиков Михаил Наумович    | д.т.н., 05.13.01                            |
| Константинов Михаил Сергеевич   | д.т.н., 05.07.09                            |
| Почукаев Владимир Николаевич    | д.т.н., 05.13.01                            |
| Тюменцев Юрий Владимирович      | д.т.н., 05.13.01                            |

Диссертационный совет отмечает, что **наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем**, могут быть сформулированы следующим образом:

1. Алгоритм получения раздельной оценки абсолютного значения силы тяги силовой установки на основе метода максимума правдоподобия, позволяющий учитывать влияние шумов измерений, соответствующих условиям реального полета воздушного судна.
2. Метод оценивания приращения эффективной силы тяги силовой установки при изменении режима работы двигателей, особенностью которого является использование значений основных полетных показателей (продольная и нормальная перегрузки, воздушная скорость, высота, угол атаки).
3. Методика выполнения летных экспериментов по идентификации эффективной тяги силовой установки.

**Новизна полученных результатов** заключается в разработке метода совместной идентификации сил эффективной тяги силовой установки и аэродинамического сопротивления с применением алгоритма получения раздельных оценок силы эффективной тяги силовой установки при постоянном режиме работы двигателя, метода оценивания приращений эффективной тяги при изменении режима работы двигателя, состоящих в последовательном использовании специального тестового полетного маневра и алгоритма обработки полученных экспериментальных данных, получении оценок точностных характеристик метода совместной идентификация сил эффективной тяги силовой установки и аэродинамического сопротивления.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

1. Корректное использование метода максимума правдоподобия на основе настраиваемой модели в условиях шумов измерений в предлагаемом

алгоритме получения оценок абсолютных значений эффективной силы тяги силовой установки.

2. Корректное использование метода наименьших квадратов для получения оценок приращений эффективной силы тяги силовой установки.
3. Согласование теоретических выводов с результатами моделирования на пилотажном стенде и по данным летного эксперимента.

Диссертация целостно охватывает основные вопросы рассматриваемой научно-технической задачи. Изложение полученных результатов логически связано. В работе использованы фундаментальные научно-технические подходы и современные методы моделирования и обработки информации.

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

1. Разработан новый метод совместной идентификации сил эффективной тяги силовой установки и аэродинамического сопротивления, позволяющий получать оценки эффективной тяги по данным летных экспериментов.

2. Разработан новый метод, позволяющий проводить оценку приращений эффективной тяги силовой установки при изменении режима работы двигателя по данным летных экспериментов.

3. Разработана методика проведения летных экспериментов по оцениванию эффективной тяги силовой установки на основе методов, предложенных в работе.

**Результаты диссертационной работы были реализованы** в практической деятельности Государственного летно-испытательного центра имени В.П. Чкалова при решении следующего ряда задач:

- разработка учебно-методических материалов для слушателей Центра подготовки летчиков-испытателей;
- создание комплекса моделей для исследования динамики самолетов;

– совершенствование методического обеспечения испытаний авиационных комплексов на оценку их летно-технических характеристик.

Все результаты использования диссертационной работы подтверждаются соответствующим актом о внедрении, который имеется в деле.

**Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию при создании новых методов испытаний на основе методов динамики полета и идентификации систем.**

**Диссертационная работа решает актуальную научно-техническую задачу по разработке методического аппарата идентификации эффективной тяги силовой установки по данным натурного эксперимента методами динамики полета и идентификации систем.**

Изложенные в диссертационной работе **результаты являются новыми научно обоснованными техническими решениями**, имеющими существенное значение для создания новейшего научно-методического и экспериментального задела в части использования новых методов испытаний перспективных летательных аппаратов.

**В диссертационной работе все заимствованные материалы представлены со ссылкой на автора или источник.** Тем самым работа удовлетворяет п.14 Положения о присуждении ученых степеней.

**В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты, представленные в диссертации.**

На заседании 22 ноября 2018 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и

принял решение присудить Приходько Станиславу Юрьевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 5 докторов наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов», участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – 1, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель диссертационного совета

Д 212.125.12, д.т.н., профессор

  
\_\_\_\_\_ В.В. Малышев

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 212.125.12, к.т.н.

  
\_\_\_\_\_ А.В. Старков

И.о. начальника отдела УДС МАИ

Т.А. Аникина 

