



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО



**ЛЕТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
имени М.М. ГРОМОВА**

• GROMOV FLIGHT RESEARCH INSTITUTE •

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГРУППА КОМПАНИЙ ОАК

06.11.2018 № 01-4380/011

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель генерального  
директора по науке, начальник НИЦ  
АО «Летно-исследовательский институт  
имени М.М. Громова»



В.В. Цыплаков

2018 г.

**ОТЗЫВ**

ведущей организации

АО «Летно-исследовательский институт имени М.М. Громова»  
на диссертационную работу Приходько Станислава Юрьевича  
«Методика оценивания эффективной тяги газотурбинных двигателей в летных  
испытаниях», представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности 05.07.09  
«Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Диссертационная работа посвящена совершенствованию методов  
оценки тяги ТРД по данным летного эксперимента, исходя из динамики  
самолёта, без использования газодинамических методов.

Тяга двигателя является одной из важнейших характеристик летательного  
аппарата. Поиск новых и совершенствование существующих методов оценки  
тяги газотурбинных двигателей – тема многих исследований, выполняемых как  
в отечественном, так и в зарубежном авиационном строении. Таким образом, тема

027960



диссертационной работы Приходько С.Ю., направленная на решение задачи оценки тяги ТРД на основе методов динамики полета и теории идентификации систем, **актуальна** и согласуется с задачами, которые решают разработчики воздушных судов и авиационных двигателей.

Попытки решить такую задачу предпринимались с начала 1980-х г.г. в ЛИИ им. М.М. Громова, ВВИА им. Н.Е. Жуковского. Предложенный в диссертации метод основан на идее, сформулированной в 2011...2012 г.г. в работах Б.К. Поплавского и О.Н. Корсуна, научного руководителя работы. Судя по публикациям, диссертант принял активное участие в разработке данного подхода в период 2013-2018 г.г. Заслуга диссертанта состоит в том, что на основании этой общей идеи он построил метод, включающий построение более полной математической модели объекта (подразделы 2.2 и 2.3 ), полетный маневр, обеспечивающий идентифицируемость (Приложение Б), алгоритм параметрической идентификации на основе метода максимума правдоподобия (подраздел 2.3), устойчивый к шумам измерений, и подтвердил его работоспособность на примере данных моделирования на пилотажном стенде при имитации шумов измерений на уровне летного эксперимента. В целом диссертант сумел значительно продвинуться в решении указанной трудноразрешимой задачи.

Сопоставляя результаты диссертанта с работами других авторов по данной проблематике, можно отметить, что **научная новизна** работы заключается в разработке и обосновании метода отдельной идентификации сил тяги и аэродинамического сопротивления при постоянном режиме работы двигателя по данным летного эксперимента, устойчивого к шумам измерений и основанного на идентификации по методу максимального правдоподобия, заключающегося в данном случае в использовании метода настраиваемой модели совместно с модифицированным методом Ньютона.

Необходимо, однако, указать, что принятое допущение о малости изменения тяги на указанном режиме не является в полной мере обоснованным. Для подтверждения этого допущения необходимо провести

летные исследования и сравнить результаты применения предложенного метода с результатами, полученными с помощью методики, использующей газодинамическую модель и измерения термодинамических параметров.

Смысл второго метода, предложенного в работе, состоит в том, что диссертант решил уйти от некорректной задачи за счет отказа от оценивания абсолютного значения тяги и перехода к оцениванию приращений тяги при изменении режимов работы двигателей. Это более простая задача, имеющая прямые аналоги в испытательной практике. Для решения задачи автор также предложил специальный тестовый маневр, особенность которого в том, что после изменения режима работы двигателя и, соответственно, изменения тяги, летчик продолжает полет с постоянными значениями скорости и угла атаки, компенсируя изменение тяги составляющей силы тяжести, переводя самолет в набор высоты или снижение. Похожий режим давно применяется в летных испытаниях и имеет название «метода зубцов». Он используется при определении летно-технических характеристик и характеристик устойчивости и управляемости, в частности, для определения характеристик скороподъемности и балансировочной зависимости по скорости.

Для обеспечения идентифицируемости диссертант предлагает выполнять серии дач РУС в канале тангажа в начале и в конце маневра, что отличает предлагаемый режим от известного. Таким образом, по решаемой задаче и по алгоритму обработки полетных данных второй метод содержит элементы научной новизны, хотя применяемый в нем полетный режим является несколько измененным вариантом метода зубцов.

Полученные в диссертационной работе методические рекомендации и алгоритмы обработки данных имеют **практическую значимость** и могут быть использованы как научно-исследовательскими учреждениями, так и проектными организациями. Практическая значимость подкреплена наличием программ для ЭВМ, реализующих предложенные алгоритмы идентификации.

С точки зрения практической реализуемости наибольший уровень технологической готовности имеет метод оценивания приращений тяги при

изменении режима работы двигателя, поскольку метод не требует решения некорректной математической задачи, поэтому алгоритм обработки устойчив в вычислительном отношении. Применяемый в нем полетный маневр является модификацией метода зубцов, который достаточно прост и давно применяется в летных испытаниях. Кроме того, работоспособность этого (второго) метода проверялась в летном эксперименте на самолёте Як-130.

**Достоверность результатов**, представленных в диссертации, определена логической последовательностью работы и использованием проверенных математических методов: выбирается тестовый режим, на котором будет обеспечена идентифицируемость параметров, вводятся допущения, на их основе строится математическая модель процесса, выбирается алгоритм идентификации и выполняется тестирование предложенных методов. Для построения матмодели используется выверенная система уравнений динамики полёта, для идентификации используются надёжные испытанные методики. При проверке используются данные стендового моделирования, но с имитацией реальных погрешностей измерения. Модели объекта и шумов, используемые в диссертации, соответствуют принятым допущениям. Недостаток проверки состоит в том, что в натуральных условиях могут действовать неучтенные факторы, например, систематические погрешности измерений угла атаки и воздушной скорости, ветер, характер изменения тяги на участке обработки, характер зависимости силы сопротивления от угла атаки. Поэтому для окончательного подтверждения достоверности требуется выполнение исследований в натурном эксперименте и сопоставление результатов с используемой в настоящее время технологией, основанной на газодинамической теории двигателей.

Изучение публикаций соискателя показало, что в них достаточно полно отражены основные результаты диссертационного исследования. По теме диссертации опубликовано 11 научных работ. Материалы диссертации были доложены на 6 международных и всероссийских научно-технических конференциях. Основные результаты, полученные соискателем, заключаются в



разработке детальных математических моделей процессов на основе методов динамики полета, определении методик выполнения тестовых маневров, разработке алгоритмов обработки данных эксперимента на основе теории идентификации динамических систем, исследовании точностных характеристик предложенных алгоритмов по данным стендового моделирования.

К недостаткам диссертационной работы следует отнести:

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.

Также следует отметить, что

- название диссертации не вполне точно соответствует её содержанию, поскольку не отражено то, что тяга оценивается методом анализа динамики движения самолёта;

- 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.

Несмотря на перечисленные недостатки, представленная работа заслуживает общей положительной оценки. Полученные в работе результаты обладают новизной и представляют научную и практическую значимость.

Диссертационное исследование Приходько Станислава Юрьевича на тему «Методика оценивания эффективной тяги газотурбинных двигателей в летных испытаниях» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на достаточно высоком уровне, в которой решена научная проблема идентификации сил тяги силовой установки при проведении летных испытаний, имеющая техническое и социально-экономическое значение.

Диссертационная работа соответствует п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Приходько Станислав Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности ВАК 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Отзыв заслушан, обсужден и одобрен на заседании Научно-технического совета АО «ЛИИ им. М.М. Громова»

Начальник НИО-2, к.т.н.



Замятин А.Н.

Начальник лаб.22 НИО-2, к.т.н.



Дерябин В.А.