

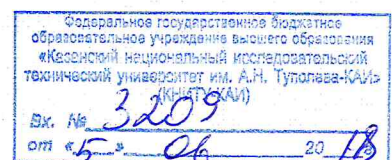
**ОТЗЫВ
ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертационную работу **Шабалина Алексея Сергеевича:**
«Исследование влияния угла отклонения выходных кромок продольных ребер решеток на газодинамические характеристики реверсивного устройства ТРДД», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов».

Возможности ВРД как тепловой машины ограничены и в настоящее время все в большей степени проявляются предельные ограничения в стремлении обеспечения высокой эффективности силовой установки летательного аппарата (ЛА). В связи с этим большая роль отводится аэродинамическому и газодинамическому совершенству основных элементов конструкции ВРД, чему способствует развитие вычислительной техники и программного обеспечения. Особую роль, имея в виду сложность конструкции и влияние на эффективную тягу, здесь играют выходные устройства (ВУ), представляющие собой многофункциональный комплекс в виде единого модуля двигателя, задачи которого, в частности, – сокращение длины пробега при посадке ЛА и аварийной ситуации – прерванный взлет. При этом реверсивное устройство (РУ) – единственный источник торможения ЛА при посадке в сложных метеорологических условиях (мокрая или обледенелая полоса), т. е. особое устройство двигателя, обеспечивающее высокую надежность эксплуатации самолета, несмотря на то, что в полетном цикле РУ работает не более 1 мин.

Однако использование РУ при пробеге самолета по ВПП аэродрома сопряжено с проблемой попадания горячих газов и забросом посторонних предметов на вход в двигатель, обусловленной сложной структурой взаимодействия реверсивной струи, набегающим потоком и поверхностью ВПП. Очевидно, что в решении указанной проблемы большое значение имеют расчетные оценки мероприятий на стадии проектирования конструкции РУ. В связи с отмеченным, диссертационная работа А.С. Шабалина, основная задача которой – «исследование течения потоков в РУ с различным углом выходных кромок продольных ребер решеток с целью определения их газодинамических характеристик, выработки рекомендаций для проектирования и оптимизации уже существующих РУ» – является актуальной и значимой, а также, по сути, руководством для проектирования.

Во введении на основании анализа степени разработанности вопросов, связанных с проектированием и эксплуатацией РУ определена научная



новизна и практическая значимость результатов исследований сформулированных задач, освещены методы исследований и представлена структура диссертационной работы.

В главе 1 рассмотрены расчетные и экспериментальные методы исследований, используемые методы сокращения длины пробега по ВПШ, приведены существующие схемы, классификация РУ и современные тенденции развития. В результате анализа проблем, возникающих при работе РУ, сделаны выводы о необходимости совершенствования способов борьбы с попаданием посторонних предметов на вход в двигатель. Отмечено, что одним из перспективных способов является применение решеток с переменным углом выходной кромки продольных ребер решеток. Рассмотрена конструкция РУ решетчатого типа на примере РУ в наружном контуре двигателя ПС-90А. Приведена постановка задач исследования.

В главе 2, как и следовало ожидать, большое внимание уделено рассмотрению численных методов исследований, рассмотрены их достоинства и недостатки. Отмечено, что в настоящее время существует большое количество моделей турбулентности, однако ни одна из известных моделей не является универсальной, способной прогнозировать широкий спектр турбулентных течений применительно к структуре потока при реверсировании тяги. Точность, обеспечиваемая различными моделями, также зависит от шага расчетной сетки в пристеночном слое ячеек. Из рассмотренного многообразия подходов к моделированию, автором выделен наиболее распространённый метод – RANS

В главе 3 приведено описание экспериментальной установки, описание контрольно-измерительной аппаратуры, а также методика обработки экспериментальных данных. Установка предназначена для газодинамических исследований моделей решеток РУ перспективного ТРДД с возможностью измерения величины обратной тяги; представляет собой сектор наружного контура с центральным углом 6° и 18° и обеспечивает степень понижения давления в РУ 1,1...1,7. Следует особо отметить, что экспериментальные исследования проведены с использованием измерительной аппаратуры, утвержденного типа, имеющей действующие свидетельства о поверке. Результаты численного моделирования течений с целью определения области применения моделей турбулентности и оценки сеточной независимости для решения задач применительно к РУ представлены в **главе 4**.

Решена задача - нахождение такого значения Y^+ , при котором сетка не оказывала существенного влияния на результаты расчета. На основании сравнения полученных расчетов с экспериментальными данными сделаны выводы о наиболее приемлемой модели турбулентности для расчетов

реверсивных струй. На основании результатов верификации численной модели с экспериментальными данными профиля скорости на выходе из решетки выбрана модель турбулентности переноса сдвиговых напряжений Флориана Менгера (k- ω SST).

В главе 5 представлена трехмерная модель РУ решетки с разным углом отклонения продольного ребра, исследованная при наличии набегающего потока и без него. Результаты исследований численным методом, сопоставлены с экспериментальными данными, выполненными на модельной установке. Полученные результаты исследований газодинамических характеристик с различными углами выходной кромки продольных ребер решетки РУ представлены на рисунках в виде зависимостей от параметра \sqrt{q} , где q представляет собой отношение скоростных напоров набегающего потока и реверсивной струи.

К недостаткам работы следует отнести:

1. В главе 1 на стр. 29 (формула 1.16) введено понятие обратной тяги РУ $R_{\text{рев}}$, как отдельного узла двигателя. На стр. 33 (формула 1.45) введено понятие обратной тяги двигателя $R_{\text{обр}} = R_{\text{рев}} - R_I$, где R_I – тяга внутреннего контура ТРДД и коэффициент реверсирования двигателя (формула 1.46) $\bar{R}_{\text{рев}} = \frac{R_{\text{обр}}}{R_{\text{пр}}} = \frac{R_{\text{рев}} - R_I}{R_{\text{пр}}}$.

Тогда в главе 5 в формулах 5.1, 5.5, 5.6 на стр. 83 и 85 обозначение $R_{\text{обр}}$ следует заменить на $R_{\text{рев}}$, а коэффициент реверсирования здесь $\bar{R}_{\text{рев}} = \frac{R_{\text{рев}}}{R_{\text{пр}}}$ характеризует тягу отдельного РУ, отнесенную к некоторой условной величине прямой тяги. Такая замена обозначений в главе 5 и в таблице 5.1 правильно раскрывает физический смысл представленных соотношений.

2. В настоящее время с хорошей стороны (параметры, массогабаритные характеристики, эксплуатационные качества и т.д.) зарекомендовала себя схема створчатого РУ с доворачивающим козырьком, разработанная фирмой Юрель - Дюбуа и заменившая решетчатый реверс тяги на двигателе CFM-56-5. Об этом следовало бы упомянуть в разделе 1.3 «Классификация и современные тенденции развития РУ».

3. В работе отсутствуют, как результат обобщения экспериментальных и расчетных исследований, четкие рекомендации для инженерной практики проектирования решетчатого РУ ТРДД.

4. Перекладка блокирующих створок на режим реверсирования тяги (кроме режима аварийного взлета) осуществляется на режимах малого газа, но не номинале. (Уточнение к фразе на стр.26.)

Однако отмеченные недостатки не снижают ценности полученных результатов исследований работы в целом и не меняют положительного мнения о ней.

Научная новизна, значимость и ценность полученных результатов заключается в том, что **впервые расчетно-экспериментальным путем исследовано влияния угла отклонения выходных кромок продольных ребер решеток на газодинамические характеристики РУ ТРДД**, а также результаты влияния модели турбулентности и набегающего потока. Результаты расчетов согласуются с экспериментальными данными при использовании аттестованного измерительного комплекса с требуемой точностью определения измеряемых величин, что дает основание считать полученные результаты достаточно достоверными и обоснованными.

Заключение

Диссертационная работа А.С. Шабалина, посвященная решению проблемных вопросов, обусловленных перспективами дальнейшего развития авиации, выполнена на должном научном уровне. Выполненные расчетно-экспериментальные исследования, обладающие научной новизной, обоснованы и имеют научную и практическую значимость.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней ВАК, а ее автор **Алексей Сергеевич Шабалин** присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов».

Выражаю согласие на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Шабалина Алексея Сергеевича и их дальнейшую обработку.

Доктор технических наук, профессор кафедры
«Теплотехника и тепловые двигатели»

Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования

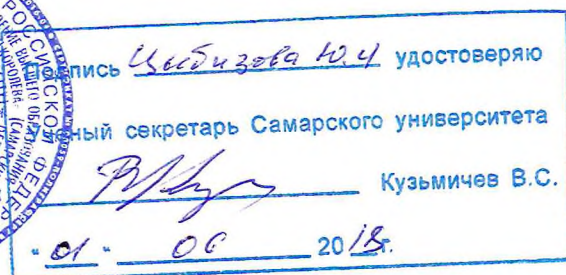
«Самарский государственный национальный исследовательский
университет им. С.П. Королева

(Самарский университет)»

Ю.И. Цыбизов

E-mail 2422490@mail.ru

Телефон 89277404432



СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ

по диссертационной работе **Шабалина Алексея Сергеевича:**

«Исследование влияния угла отклонения выходных кромок продольных ребер решеток на газодинамические характеристики реверсивного устройства ТРДД», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов»

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Полное наименова ние организации почтовый адрес	Должность	Список основных публикаций по теме диссертации
1	Цыбизов Юрий Ильич	Д.т.н., профессор	443086 Г. Самара Ул. Московское шоссе, д.34. Федеральное государственно е бюджетное образовательно е учреждение высшего образования. «Самарский государствен ный национальный исследовательс кий университет им. С.П. Королева (Самарский университет)»	Профессор кафедры теплотех ника и тепловые двигатели	1.Цыбизов Ю.И. «Реализация разработок ОКБ Н.Д. Кузнецова в наши дни». Международная научно-техническая конференция «Проблемы и перспективы развития двигателестроения». Материалы докладов. Ч 2. Самара. СГАУ. 2016.С.70-71. 2.Ивченко А.В., Цыбизов Ю.И., Журавлев О.А., Еремин Е.И. «Исследование процессов переноса газа поверхностными электрическими разрядами применительно к задаче управления потокom на входе в

					<p>ГТД». Самолетостроение России. Проблемы и перспективы. Самара.СГАУ.2012. С.71-72.</p> <p>3. Кныш Ю.А., Цыбизов Ю.И., Дмитриев Д.Н., Горшкалев А.А. «Формирование микровихревых потоков газа в каналах блочного катализатора с компланарными каналами». Вестник СГАУ (3-1).Самара.2013. С.113-117.</p> <p>4. Старцев Н.И., Цыбизов Ю.И. «Проектирование силовых установок». Минобрнауки СГАУ. Учебное пособие. Самара.2012.</p>
--	--	--	--	--	---

Доктор технических наук, профессор кафедры «Теплотехника и
тепловые двигатели»

Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования

«Самарский государственный национальный исследовательский
университет им. С.П. Королева

(Самарский университет)»

Ю.И. Цыбизов