

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор –
проректор по науке

и цифровой трансформации

РГАТУ имени П.А. Соловьева

Фед. техн. наук, доцент



А.Н. Сутягин

2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический
университет имени П.А. Соловьева»

на диссертационную работу Аландаря Артема Дмитриевича
«Методика формирования технического облика силовой установки
сверхзвукового пассажирского самолета», представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.5.15. - Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки
летательных аппаратов

Диссертация Аландаря Артема Дмитриевича посвящена решению
одной из сложных научно-технических проблем, связанной с
созданием перспективных образцов авиационной техники, а именно разработке
методики формирования технического облика силовой установки
сверхзвукового пассажирского самолета.

Актуальность темы диссертации. Применение сверхзвуковой
гражданской авиации в перспективе позволит повысить уровень связности и
доступности территорий, что соответствует приоритетным направлениям
стратегии научно-технологического развития России. Ключевой проблемой
создания силовых установок сверхзвуковых пассажирских самолетов является
сложность обеспечения компромисса между низкими уровнями шума на
местности взлетных режимах и высокими уровнями удельной тяги на
сверхзвуковых режимах, что должно быть обеспечено уже на этапе выбора
параметров и законов управления двигателя. Решение данной проблемы в
настоящее время дополнительно усложнено недостаточностью существующего

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«1» 07 2025 г.

научно-технического задела для обоснованного выбора тех или иных проектных решений для разработки маршевых силовых установок сверхзвуковых пассажирских самолетов нового поколения, обеспечивающих из коммерческую эффективность и низкий уровень вредного воздействия на окружающую среду. Поэтому разработка новых методик формирования технических обликов силовых установок перспективных сверхзвуковых пассажирских самолетов является актуальным направлением исследований для авиационного двигателестроения.

Целью работы Аландаря Артема Дмитриевича является разработка методики формирования технического облика маршевой силовой установки сверхзвукового пассажирского самолета, позволяющей учитывать ключевые требования к силовой установке и конструктивно-схемные особенности компоновок перспективных сверхзвуковых пассажирских самолетов. Решаемые автором **задачи** включали: анализ научно-технического задела и основных проблем формирования технического облика силовых установок сверхзвуковых пассажирских самолетов нового поколения, разработку математической модели силовой установки сверхзвукового пассажирского самолета, позволяющей выполнять расчете эффективных характеристик с учетом конструктивно-схемных особенностей ее элементов, расчетное исследование влияния проектных параметров силовой установки сверхзвукового пассажирского самолета на ее технический облик и тягово-экономические характеристики, разработку методики формирования технического облика маршевой силовой установки сверхзвукового пассажирского самолета с использованием разработанной математической модели, апробацию разработанной методики в системе более высокого уровня по отношению к силовой установке: «летательный аппарат – силовая установка».

Новизна работы состоит в следующем:

1. Автором предложена новая методика формирования технического облика силовой установки сверхзвукового пассажирского самолета. Методика позволяет на ранних этапах проектирования в автоматизированном режиме определять проектные параметры ТРДД с учетом требований по тяге на нескольких режимах работы, заданных ограничений по скорости истечения реактивной струи на каком-либо из взлетных режимов, а также выполнять предварительное проектирование воздухозаборника и реактивного сопла.
2. Разработана и верифицирована новая математическая модель сверхзвукового воздухозаборника с шестиугольной формой входного сечения.
3. На основе выполненных расчетных исследований даны рекомендации по диапазонам параметров ТРДД для сверхзвукового пассажирского самолета, в которых возможно применение нерегулируемого воздухозаборника.

Теоретическая значимость работы состоит в разработанной методике формирования технического облика силовой установки сверхзвукового пассажирского самолета, которая позволяет с первых этапов проектирования учитывать требования ключевых режимов работы двигателя – крейсерского (на котором требуется максимальная эффективность) и, например, режима отрыва взлетно-посадочной полосы (где требуется низкие уровни скорости истечения реактивной струи), а также конструктивные особенности воздухозаборника и реактивного сопла при расчете внутренних и эффективных характеристик силовой установки.

Практическая значимость работы заключается в разработанных математических моделях силовой установки и сверхзвукового пространственного воздухозаборника, увеличивающих разрешающую способность существующих расчетных методик, применяемых на этапах концептуального проектирования и исследования характеристик сверхзвуковых силовых установок.

Результаты исследований Аландаря Артема Дмитриевича могут использоваться в процессе проектирования и анализа тягово-экономических характеристик силовых установок перспективных сверхзвуковых пассажирских самолетов. Разработанные автором математические модели и алгоритмы могут представлять интерес для организаций, занимающихся разработкой авиационных газотурбинных двигателей и силовых установок на их основе.

Достоверность результатов и степень обоснованности научных положений, выводов и заключений, выносимых на защиту, подтверждается корректным использованием фундаментальных уравнений теории воздушно-реактивных двигателей, а также широко апробированных в отрасли методов математического моделирования. Разработанные автором новые расчетные методики верифицированы путем сравнения результатов с результатами расчетов методами более высокого уровня, а также с известными литературными источниками и опубликованными работами других авторов.

Публикации основных результатов диссертации. Основные результаты, полученные в ходе выполнения диссертации, отражены в 34 публикациях: 6 статей опубликованы в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ по специальности 2.5.15. - Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов; 5 статей опубликовано в научных журналах, индексируемых базой данных Scopus; 23 работы опубликованы в сборниках международных и всероссийских конференций, симпозиумов, форумов и т.д. Также Аландарь А.Д. является автором программы для ЭВМ «HINT1D», основанной на математической модели сверхзвукового

воздухозаборника с шестиугольной формой входного сечения, разработанной в рамках диссертации.

Содержание диссертации, ее завершенность, замечания по оформлению. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, включающих 120 рисунков и 5 таблиц, а также заключения, списка сокращений и условных обозначений и списка литературы, который включает 256 источников. Общий объем работы составляет 155 страниц. Существенные замечания по оформлению отсутствуют.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, определены цель и задачи диссертационной работы, отражена научная новизна и практическая значимость работы, отмечены основные положения диссертации, выносимые на защиту.

В первой главе на основе обзора работ по силовым установкам сверхзвуковых пассажирских самолетов первого и нового поколений выполнен анализ состояния проблемы. Сделан вывод о том, что при формировании технического облика двигателя сверхзвукового пассажирского самолета необходимо в качестве целевых учитывать параметры рабочего процесса, оказывающие непосредственное влияние на шум самолета на местности, т.е. скорость истечения реактивной струи из сопла и окружную скорость на периферии рабочих лопаток первой ступени вентилятора двигателя на взлетных режимах.

Вторая глава посвящена разработке математической модели силовой установки сверхзвукового пассажирского самолета, имеющей верхнее расположение воздухозаборников между крылом и фюзеляжем, двигателя, интегрированные в планер, и плоскими реактивными соплами, расположенными в хвостовой части планера. Приведены результаты разработки и верификации новой математической модели сверхзвукового воздухозаборника с шестиугольной формой входного сечения. Дано описание применяемой математической модели двухконтурного турбореактивного двигателя. Приведены результаты разработки математической модели сверхзвукового плоского реактивного сопла. Представлен алгоритм согласования элементов силовой установки в рамках математической модели.

Третья глава посвящена разработке методики формирования технического облика силовой установки сверхзвукового пассажирского самолета. Описан алгоритм, позволяющий выполнить «завязку» двигателя с учетом требований по тяге на крейсерском режиме и режиме отрыва от взлетно-посадочной полосы, определением степени двухконтурности двигателя по заданному ограничению скорости истечения реактивной струи на режиме отрыва от взлетно-посадочной полосы, определением суммарной степени

повышения полного давления по заданному ограничению температуры воздуха на выходе из компрессора высокого давления на сверхзвуковом крейсерском режиме. Приведены результаты расчетных исследований влияния проектных параметров двигателя на его технический облик и эффективные характеристики силовой установки. Показана возможность на основе отношения крейсерского и максимального значений приведенного расхода воздуха через двигатель, получаемого в результате термгазодинамического расчета двигателя, выдавать рекомендации по способам согласования воздухозаборника и двигателя на основных режимах полета. Работа всех этапов методики формирования технического облика силовой установки продемонстрирована на примере двух двигателей, отличающихся ограничением скорости истечения реактивной струи на режиме отрыва.

В четвертой главе приведены результаты апробации методики формирования технического облика силовой установки в системе летательного аппарата. Показаны результаты расчетных оценок дальности полета сверхзвукового пассажирского самолета с различными вариантами силовых установок, отличающихся проектными значениями скорости истечения реактивной струи из сопла на режиме отрыва от взлетно-посадочной полосы и соотношением крейсерского и взлетного значений тяги двигателя, а также значением тяги на максимальном взлетном режиме. Приведены результаты аналогичных оценок для вариантов силовых установок, оснащенных воздухозаборниками с регулируемым и нерегулируемым горлом, а также регулируемым и нерегулируемым критическим сечением реактивного сопла.

В заключении приведены ключевые результаты диссертационной работы.

Замечания по диссертации. При общей положительной оценке диссертационной работы можно отметить следующие замечания:

1. В таблице 2 (глава 1, страница 19) не указаны источники информации о параметрах сверхзвуковых пассажирских самолетов и их двигателей.
2. В первой строке формулы 1 (глава 2, страница 33) перечислены не все составляющие внешнего аэродинамического сопротивления, описываемые интегралами, приведенными во второй строке. Не приведена расшифровка всех составляющих формулы.
3. По тексту работы значения тяги и удельного расхода топлива приводятся в системе «МКГСС» вместо системы «СИ».
4. Оценки диапазонов параметров двигателя, в которых возможно применение нерегулируемого воздухозаборника, даны только по значению отношения крейсерского и максимального значений приведенного расхода воздуха через двигатель. Следовало бы добавить соответствующие диапазоны

по параметрам термодинамического цикла, степени двухконтурности, соотношению крейсерской и взлетной тяги.

5. В тексте диссертации и автореферата имеются опечатки, не приведены расшифровки некоторых обозначений и индексов.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

Заключение

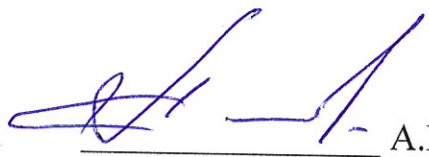
Диссертация Алendarя Артема Дмитриевича на тему: «Методика формирования технического облика силовой установки сверхзвукового пассажирского самолета» представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук в целом выполнена на высоком научном уровне и является завершенной научно-квалификационной работой, направленной на решение актуальной задачи в области авиационного двигателестроения. Приложенные результаты диссертационной работы можно классифицировать, как новые, обоснованные и имеющие практическое значение.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Работа отвечает требованиям, установленным п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Алendarь Артем Дмитриевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15.- Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Отзыв на диссертационную работу Алendarя Артема Дмитриевича рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «Авиационные двигатели» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева» (протокол № 10 от 23 июня 2025 года).

Заведующий кафедрой
«Авиационные двигатели»
РГАТУ имени П.А. Соловьёва
докт. техн. наук, профессор

 А.Е. Ремизов

С отзывом ознакомлен
 / А.Д. Алendarь /
02.07.2025 г.