

ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого



Технет
Национальная
технологическая
инициатива | Передовые
производственные
технологии



НЦМУ
ПЕРЕДОВЫЕ ЦИФРОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ



**ЦИФРОВОЙ
ИНЖИНИРИНГ**
ПИШ СПбПУ



ПОЛИТЕХ
Центр Национальной
технологической инициативы
Новые производственные технологии

CML
CompMechLab

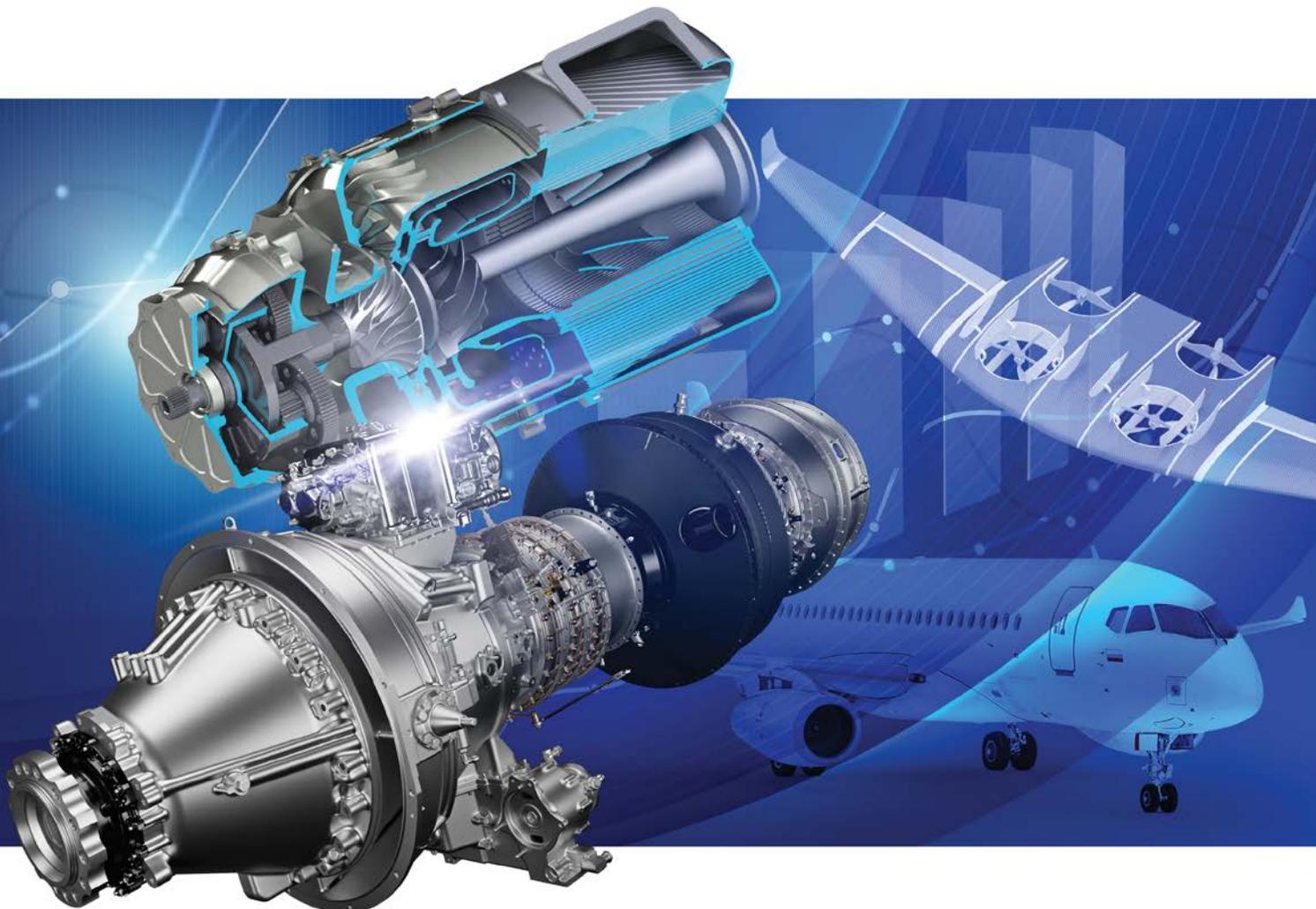
ЦЕНТР
КОМПЬЮТЕРНОГО
ИНЖИНИРИНГА СПбПУ



BIG DATA

ТРЕНДЫ И СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ РЫНКА
АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ВКЛЮЧАЯ ДВИГАТЕЛИ
БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ,
В 2023 ГОДУ

ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ДОКЛАД





ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого



Технет
Национальная
технологическая
инициатива | Передовые
производственные
технологии



НЦМУ
ПЕРЕДОВЫЕ ЦИФРОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ



**ЦИФРОВОЙ
ИНЖИНИРИНГ**
ПИШ СПбПУ



ПОЛИТЕХ
Центр Национальной
технологической инициативы
Новые производственные технологии



CML ЦЕНТР
КОМПЬЮТЕРНОГО
ИНЖИНИРИНГА СПбПУ

CompMechLab



BIG DATA

ТРЕНДЫ И СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ РЫНКА
АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ВКЛЮЧАЯ ДВИГАТЕЛИ
БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ,
В 2023 ГОДУ

ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ДОКЛАД

Монография



ПОЛИТЕХ-ПРЕСС
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Санкт-Петербург
2023

ББК 39.551
Т66

Рецензенты:

Заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого *И. Л. Туккель*
Руководитель Центра цифровизации организаций оборонно-промышленного комплекса
ВНИИ «Центр» *А. Б. Агеев*

Авторы:

А. И. Боровков, Е. Р. Мартынец, Л. А. Щербина, Н. И. Прытков,
А. А. Корчевская, А. Т. Хуторцова, Ю. А. Рябов, К. В. Кукушкин

Тренды и сценарии развития рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, в 2023 году. Экспертно-аналитический доклад : монография / А. И. Боровков [и др.] ; под ред. А. И. Боровкова. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – 204 с.

Содержит результаты исследования, посвященного трендам и сценариям развития рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, в 2023 году. В монографии рассмотрены общие характеристики изучаемого рынка, основные игроки и их новые крупные проекты, а также ключевые технологии, применяемые мировыми лидерами, и направления научных исследований и разработок. Кроме того, представлен анализ нормативного правового регулирования развития рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, соответствующего национального и международного нормативно-технического ландшафта.

Подготовлена Инфраструктурным центром «Технет» (передовые производственные технологии) Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого при участии Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова.

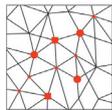
Печатается по решению
Совета по издательской деятельности Ученого совета
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

ISBN 978-5-7422-8403-1

© Боровков А. И., научное редактирование, 2023
© Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2023



POLYTECH
Peter the Great
St. Petersburg Polytechnic
University



Technet
National
Technology
Initiative | Advanced
Manufacturing
Technologies



WCRC
ADVANCED DIGITAL
TECHNOLOGIES



**DIGITAL
ENGINEERING**



POLYTECH
Advanced Manufacturing
Technologies Center
National Technology Initiative

CML
CompMechLab

SPbPU COMPUTER-AIDED
ENGINEERING CENTRE
OF EXCELLENCE



BIG DATA

AIRCRAFT
AND UAV ENGINES MARKET IN 2023:
TRENDS AND SCENARIOS

AN EXPERT AND RESEARCH REPORT

Monograph



POLYTECH PRESS
Peter the Great
St. Petersburg Polytechnic
University

Saint Petersburg
2023

Reviewed by:

I. L. Tukkel, professor of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
Doctor of Sciences in Engineering, holder of the Honored Scientist
of the Russian Federation honorary title

A. B. Ageyev, head of the Center for the Digitalization of Defense Industry Organizations,
All-Russian Scientific and Research Institute “Center”

Authored by:

A. I. Borovkov, E. R. Martynets, L. A. Shcherbina, N. I. Prytkov,
A. A. Korchevskaya, A. T. Khutortsova, Yu. A. Ryabov, K. V. Kukushkin

Aircraft and UAV engines market in 2023: Trends and scenarios. An Expert and Research Report : monograph / A. I. Borovkov [et al.] ; ed. by A. I. Borovkov. – St. Petersburg : POLYTECH-PRESS, 2023. – 204 p.

This monograph provides analysis and insight on aircraft and unmanned aerial vehicle (UAV) engines market in 2023. It gives a general market description and features key market players, their products and services, as well as their business models and M&A transactions. A separate section focuses on aircraft and UAV engine R&D and key technologies used by the world’s leading companies. The authors also examine the relevant legislative and regulatory framework together with national and international standards.

This monograph has been prepared by the National Technology Initiative’s Technet Infrastructure Center at Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University with contributions from Lomonosov Moscow State University.

Approved for printing by the Publishing Council of the
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University Academic Council.

ISBN 978-5-7422-8403-1

© Borovkov A. I., scientific editing, 2023
© Peter the Great
St. Petersburg Polytechnic University, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК РИСУНКОВ	7
СПИСОК ТАБЛИЦ.....	9
ВВЕДЕНИЕ	10
ГЛАВА 1. РЫНОК АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ВКЛЮЧАЯ ДВИГАТЕЛИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНЕТ» НТИ.....	13
1.1. Основные сегменты рынка.....	13
1.2. Емкость рынка / сегмента.....	13
1.3. Темпы роста рынка / сегмента.....	15
1.4. Жизненный цикл отрасли / рынка, стадия зрелости.....	16
1.5. Тренды.....	17
ГЛАВА 2. БАРЬЕРЫ, РИСКИ И НОРМАТИВНОЕ ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ РЫНКА АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ВКЛЮЧАЯ ДВИГАТЕЛИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНЕТ» НТИ.....	20
2.1. Барьеры.....	20
2.2. Риски.....	22
2.3. Нормативное правовое регулирование, в т.ч. анализ государственных программ поддержки по НИРам и НИОКРам.....	24
2.4. Национальный и международный нормативно-технический ландшафт.....	37
ГЛАВА 3. ОСНОВНЫЕ ИГРОКИ И ПРОЕКТЫ НА РЫНКЕ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ВКЛЮЧАЯ ДВИГАТЕЛИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНЕТ» НТИ.....	51
3.1. Основные игроки: количество, рыночные доли, описание продуктов и разработок.....	51
3.2. Оценка успешных бизнес-моделей и лучших практик.....	55
3.3. Инвестиции, сделки M&A, кооперация.....	58
3.4. Новые крупные проекты: участники, планы, суммы привлеченных инвестиций.....	62
3.5. Причины закрытия неудавшихся проектов.....	65
ГЛАВА 4. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ НА РЫНКЕ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ВКЛЮЧАЯ ДВИГАТЕЛИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНЕТ» НТИ	69
4.1. Основные технологии, применяемые на рынке.....	69
4.2. Обзор ключевых научных разработок в России и мире по результатам библиометрического и патентного анализа.....	83

ГЛАВА 5. ПОКАЗАТЕЛИ ПО КОМПАНИЯМ «ТЕХНЕТ» НТИ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИМСЯ НА РАЗРАБОТКЕ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ВКЛЮЧАЯ ДВИГАТЕЛИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ВОВЛЕЧЕННЫМ В РЕАЛИЗАЦИЮ НАПРАВЛЕНИЯ НТИ.....	97
5.1. Количество компаний НТИ.....	97
5.2. Показатели по компаниям НТИ, вовлеченным в реализацию направления НТИ: количество компаний НТИ.....	98
5.3. Краткое описание продуктов и услуг компаний НТИ.....	99
5.4. Объемы выручки от продажи продуктов и услуг компаний НТИ в рамках сегментов направления НТИ.....	102
5.5. Количество компаний НТИ, имеющих экспортную выручку.....	104
5.6. Объем экспортной выручки компаний НТИ.....	104
5.7. Количество прав на РИД, зарегистрированных компаниями НТИ.....	104
5.8. Количество реализуемых проектов по отдельному направлению НТИ.....	105
ПРИЛОЖЕНИЕ. ДАЙДЖЕСТ КЛЮЧЕВЫХ СОБЫТИЙ ПО ТЕМАТИКЕ РАЗВИТИЯ РЫНКА АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В МИРЕ И В РОССИИ.....	110
БИБЛИОГРАФИЯ	135

СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1. Объем мирового рынка авиационных двигателей и мирового рынка двигателей беспилотных летательных аппаратов в 2022 году (млрд долл.).....	14
Рисунок 2. Прогноз развития мирового рынка авиационных двигателей в 2022–2027 годы (млрд долл.).....	15
Рисунок 3. Прогноз развития мирового рынка двигателей беспилотных летательных аппаратов в 2022–2027 годы (млрд долл.).....	16
Рисунок 4. Темпы роста рынка авиационных двигателей по регионам в 2022–2027 годах	18
Рисунок 5. Темпы роста рынка двигателей беспилотных летательных аппаратов по регионам в 2023–2028 годах.....	19
Рисунок 6. Рыночные доли ведущих компаний на рынке авиационных двигателей.....	54
Рисунок 7. Количество действующих патентов по тематике авиационных двигателей, ед., 2004–2023 годы	83
Рисунок 8. Количество действующих патентов по тематике авиационных двигателей по странам и регионам юрисдикции, ед., 2023 год	84
Рисунок 9. Ключевые владельцы действующих патентов по тематике авиационных двигателей, ед., 2023 год	84
Рисунок 10. Наиболее цитируемые действующие патенты по тематике авиационных двигателей, ед., 2023 год	85
Рисунок 11. LDA-модель доминирующих тематик в патентах по направлению «авиационные двигатели», ед., 2004–2023 годы	86
Рисунок 12. BERT-модель доминирующих тематик в патентах по направлению «авиационные двигатели», ед., 2004–2023 годы	87
Рисунок 13. Динамика изменения количества научных публикаций по тематике авиационных двигателей, ед., 1991–2023 годы.....	87
Рисунок 14. Наиболее цитируемые научные публикации по тематике авиационных двигателей, ед., 1991–2023 годы.....	88
Рисунок 15. LDA-модель доминирующих тематик в научных публикациях по направлению «авиационные двигатели», ед., 1991–2023 годы.....	89
Рисунок 16. BERT-модель доминирующих тематик в научных публикациях по направлению «авиационные двигатели», ед., 1991–2023 годы.....	89
Рисунок 17. Динамика наиболее популярных научно-технологических тематик среди научных публикаций и патентов по направлению «авиационные двигатели», ед., 2010–2022 годы.....	90
Рисунок 18. Количество действующих патентов по тематике двигателей беспилотных летательных аппаратов, ед., 2004–2023 годы.....	91

Рисунок 19. Количество действующих патентов по тематике двигателей беспилотных летательных аппаратов по странам и регионам юрисдикции, ед., 2023 год.....	91
Рисунок 20. Наиболее цитируемые действующие патенты по тематике двигателей беспилотных летательных аппаратов, ед., 2023 год.....	92
Рисунок 21. LDA-модель доминирующих тематик в патентах по направлению «двигатели беспилотных летательных аппаратов», ед., 2006–2023 годы.....	93
Рисунок 22. BERT-модель доминирующих тематик в патентах по направлению «двигатели беспилотных летательных аппаратов», ед., 2006–2023 годы.....	93
Рисунок 23. Динамика изменения количества научных публикаций по тематике двигателей беспилотных летательных аппаратов, ед., 2000–2023 годы.....	94
Рисунок 24. Наиболее цитируемые научные публикации по тематике двигателей беспилотных летательных аппаратов, ед., 2000–2023 годы.....	95
Рисунок 25. LDA-модель доминирующих тематик в научных публикациях по направлению «двигатели беспилотных летательных аппаратов», ед., 2000–2023 годы.....	95
Рисунок 26. BERT-модель доминирующих тематик в научных публикациях по направлению «двигатели беспилотных летательных аппаратов», ед., 2000–2023 годы.....	96
Рисунок 27. Рассматриваемые компании НТИ, специализирующиеся на разработке решений в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов.....	97
Рисунок 28. Количество прав на РИД, зарегистрированных компаниями НТИ, специализирующимися на разработке решений в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов.....	104

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1. Основные сегменты рынка	13
Таблица 2. Барьеры развития компаний, осуществляющих разработку авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов.....	20
Таблица 3. Перечень рисков развития компаний, осуществляющих разработку авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов.....	22
Таблица 4. Краткое описание государственных программ поддержки НИР и НИОКР в области авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов.....	24
Таблица 5. Описание деятельности организаций по стандартизации в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов.....	39
Таблица 6. Компании-лидеры рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов.....	52
Таблица 7. Сравнительный анализ бизнес-моделей компаний авиадвигателестроения	56
Таблица 8. Сделки слияния и поглощения среди ведущих игроков рынка авиационных двигателей.....	59
Таблица 9. Новые проекты компаний-лидеров на рынке авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов.....	62
Таблица 10. Анализ авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов в разрезе применяемых технологий.....	71
Таблица 11. Показатели по рассматриваемым компаниям НТИ, специализирующимся на разработке решений в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов	98
Таблица 12. Краткое описание продуктов и услуг компаний НТИ, специализирующихся на разработке решений в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов	99
Таблица 13. Общая выручка компаний НТИ, специализирующихся на разработке решений в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов (2018–2022 годы).....	102
Таблица 14. Средняя выручка компаний НТИ, специализирующихся на разработке решений в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов (2018–2022 годы).....	103

ВВЕДЕНИЕ

В Российской Федерации в рамках реализации Национальной технологической инициативы (НТИ) особую значимость представляет направление «Технет» НТИ (передовые производственные технологии), основным приоритетом которого является разработка и широкое применение **передовых производственных технологий** как ключевого условия преобразования высокотехнологичной промышленности в цифровую [1].

Значимую роль внедрение передовых производственных технологий играет в такой отрасли, как **машиностроение**. Данная отрасль является одной из важнейших составляющих промышленности и экономики любого государства, поскольку обеспечивает производство широкого спектра продукции ряда отраслей: автомобилестроения, авиастроения, судостроения, энергетического, нефтегазового, железнодорожного, сельскохозяйственного машиностроения, производства промышленного оборудования, электротехники и т. д. Машиностроение играет важную роль в формировании ВВП и развитии национальной экономики, создании рабочих мест и обеспечении научно-технологического прогресса.

К ключевым отраслям машиностроения относится **двигателестроение**, которое специализируется на разработке, производстве и обслуживании двигателей для различных видов транспорта, промышленности и других областей применения. Эта отрасль включает в себя создание как традиционных двигателей внутреннего сгорания, так и более современных электрических и гибридных двигателей. Одной из подотраслей двигателестроения является разработка и производство **авиационных двигателей** для гражданской и военной авиации. Кроме этого, активно развивается подотрасль **двигателестроения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)**, которые находят широкое применение для военных и гражданских целей, включая логистические и аварийно-спасательные операции, мониторинг окружающей среды, нефтегазовой инфраструктуры и сельского хозяйства и др. Значимость развития отрасли беспилотного авиатранспорта неоднократно отмечалась на федеральном уровне и нашла отражение в документах стратегического планирования и программах развития страны [2–8].

Экспертно-аналитический доклад «Тренды и сценарии развития рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, в 2023 году» содержит результаты исследования развития рынка, напрямую связанного с применением передовых производственных технологий – рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов.

Экспертно-аналитический доклад подготовлен Инфраструктурным центром «Технет» (ИЦ «Технет») Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ) в партнерстве с Московским государственным университетом имени М. В. Ломоносова.

Основой для подготовки настоящего доклада послужил передовой научно-технический опыт различных подразделений СПбПУ в части реализации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в сфере двигателестроения и авиастроения совместно с предприятиями высокотехнологичных отраслей промышленности.

С 2019 года специалисты Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ и АО «ОДК-Климов» выполнили 3 научно-исследовательских и опытно-конструкторских работы общей стоимостью около 300 млн руб. по разработке цифрового двойника авиационного газотурбинного двигателя ТВ7-117СТ-01:

1. «Снижение массы авиационного двигателя ТВ7-117СТ-01 на основе технологии цифровых двойников»;
2. «Наполнение и валидация цифрового двойника двигателя ТВ7-117СТ-01 по результатам испытаний»;
3. «Наполнение цифрового двойника и оптимизация по массе с учетом технологической проработки деталей и сборочных единиц двигателя ТВ7-117СТ-01».

В 2021 году коллектив Научного центра мирового уровня (НЦМУ) «Передовые цифровые технологии» СПбПУ выполнил научно-исследовательскую работу в интересах ФГБУ «НИЦ “Институт имени Н.Е. Жуковского”» на тему «Определение тенденций развития научных исследований в Российской Федерации и за рубежом в области авиадвигателестроения» (объем – 915 страниц).

В 2023 году по заказу Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, а также АНО «Агентство технологического развития» сотрудниками СПбПУ был подготовлен экспертно-аналитический отчет «Анализ функциональных возможностей, потенциала импортозамещения программного обеспечения в области машиностроения, и в том числе для разработки и производства беспилотных летательных аппаратов» (объем – 877 страниц).

С 2023 года специалистами НЦМУ СПбПУ реализуется работа по созданию малоразмерного турбовинтового двигателя СМЛ-180/240 на замену широко используемым сегодня в БПЛА и легких самолетах иностранным поршневым двигателям Lycoming и Continental. Данный проект осуществляется экспертами СПбПУ в рамках поддержки национальных приоритетов по импортозамещению и развитию технологического суверенитета.

Также с 2023 года Передовая инженерная школа СПбПУ «Цифровой инжиниринг» (ПИШ СПбПУ) начала реализацию инициативного проекта «Снегирь-1» по разработке БПЛА с высокой энергоэффективностью в режиме горизонтального полета в «самолетном» режиме и высокой скоростью горизонтального полета.

Экспертно-аналитический доклад состоит из пяти глав. В первой главе доклада представлены ключевые показатели развития рынка (объем, темпы роста, прогноз развития) и оценка зрелости рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов. В докладе рассмотрены рынок авиационных двигателей и рынок двигателей беспилотных летательных аппаратов, выделенные в первой главе в качестве основных сегментов рынка.

Во второй главе особое внимание уделено барьерам и рискам развития рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, а также приведены результаты обзора основных направлений мировых и отечественных государственных программ поддержки научных исследований и разработок в рассматриваемой области, представлен национальный и международный нормативно-технический ландшафт. В перечень стран, рассмотренных в ходе анализа государственной политики, вошли США, Канада, страны Европейского союза, а также страны, входящие в межгосударственное объединение БРИКС – Бразилия, Россия, Индия, Китай и ЮАР.

В третьей главе рассмотрены основные игроки рынка, представляющие США, Канаду, Великобританию, Францию, Австрию, Китай и Россию. Кроме того, рассмотрены крупные проекты на рынке авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, представлено описание основных коопераций и объединений игроков рынка, а также приведены результаты оценки успешных бизнес-моделей и анализа основных причин закрытия неудавшихся проектов.

Четвертая глава доклада содержит обзор основных технологий и разработок в сфере авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, с фокусировкой на передовые производственные технологии, а также результаты библиометрического и патентного анализа с целью выявления ключевых тематик профильных исследований и научных разработок в мире и в России.

В пятой главе представлен анализ показателей по компаниям «Технет» НТИ, специализирующихся на разработке решений в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов. Также экспертно-аналитический доклад содержит дайджест ключевых событий по тематике развития авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, в мире и России.

Таким образом, каждая из пяти глав экспертно-аналитического доклада отражает определенные аспекты развития рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, и содержит актуальные рыночные, нормативно-правовые и научно-технологические особенности отрасли авиадвигателестроения.

ГЛАВА 1. РЫНОК АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ВКЛЮЧАЯ ДВИГАТЕЛИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНЕТ» НТИ

В данной главе представлен комплексный обзор мирового рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА), уровень развития которого является важным показателем, определяющим перспективы развития промышленных компаний данной отрасли по направлению «Технет» НТИ. В рамках проведенного исследования под мировым рынком подразумевается международная сфера торговли, связанная с систематическими операциями по купле-продаже технологических решений [9].

Фокус исследования сосредоточен на описании таких характеристик рынка, как объем, темпы роста, и ключевые тренды развития в мире по итогам 2022 года и в среднесрочной перспективе до 2027 года, а также анализ жизненного цикла данных сегментов.

1.1. Основные сегменты рынка

В настоящем разделе экспертно-аналитического доклада рассмотрены рынки авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов.

Таблица 1. Основные сегменты рынка

Рынок	Основной продукт
Рынок авиационных двигателей (Aircraft Engines)	Авиационный двигатель – агрегат силовой установки летательного аппарата, который служит для создания потенциальной энергии и трансформации ее в кинетическую энергию движения летательного аппарата (самолет, вертолет, крылатая ракета, дирижабль и т. п.) [10]. ¹
Рынок двигателей беспилотных летательных аппаратов (UAV Propulsion Systems ² , БПЛА)	

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ, 2023

1.2. Емкость рынка / сегмента

Настоящий раздел посвящен анализу одного из ключевых показателей развития любого рынка технологий – объему рынка. В рамках исследования, представленного в экспертно-аналитическом докладе, объем (размер) рынка обозначает прикладной показатель, отражающий фактические продажи товаров или услуг на определенной территории за определенный период времени [9].

¹ Определение выбрано из множества представленных в открытых интернет-источниках [11–15]. Определение авиационного двигателя не представлено в нормативно-технической документации.

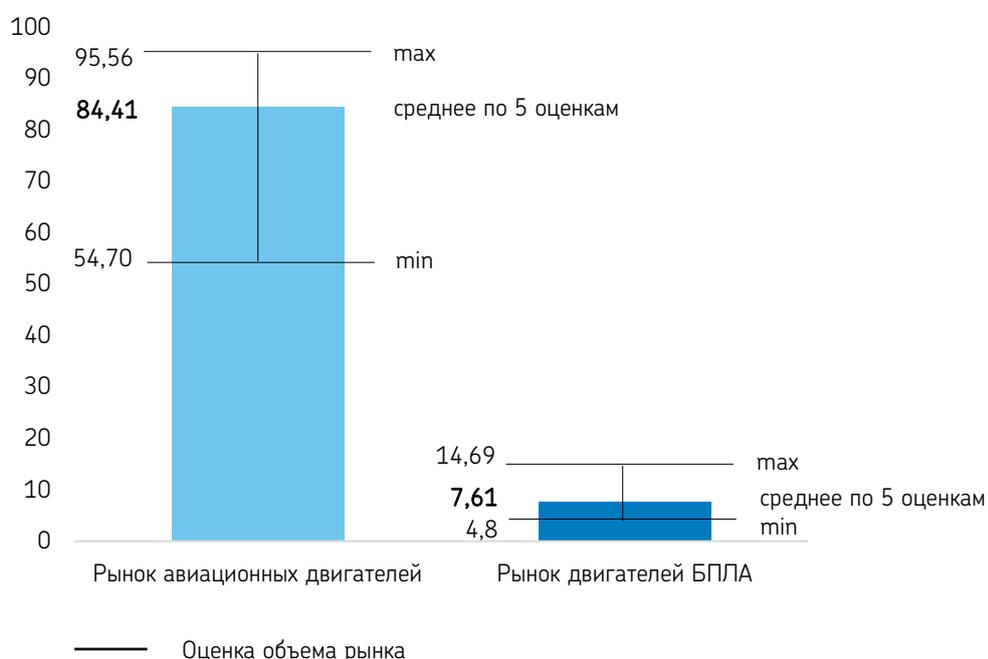
² Аналитические и консалтинговые исследовательские отчеты компаний при анализе мирового рынка двигателей беспилотных летательных аппаратов преимущественно рассматривают рынок силовых установок беспилотных летательных аппаратов (UAV Propulsion Systems).

Фокус исследования сосредоточен на оценке фактических объемов сегментов рассматриваемого рынка – рынка авиационных двигателей и рынка двигателей БПЛА, на мировом уровне по итогам 2022 года.

Объем мирового **рынка авиационных двигателей** по итогам 2022 года рассчитан на основе данных аналитических отчетов таких компаний, как Precedence Research, Mordor Intelligence, Maximize Market Research, Market Research.biz, Fortune Business Insights [16–20]. Наибольшее значение объема рынка дано компанией Mordor Intelligence – 95,56 млрд долл., аналитики компании Fortune Business Insights, в свою очередь, оценивают объем рынка авиационных двигателей значительно ниже – в 54,7 млрд долл. Таким образом, среднее значение объема рынка авиационных двигателей составило 84,41 млрд долл. в 2022 году, что примерно на 5% превышает аналогичное значение 2021 года (80,2 млрд долл.) [16–22].

Объем мирового **рынка двигателей БПЛА** в 2022 году варьировался в пределах от 4,8 до 14,69 млрд долл. по оценкам таких аналитических агентств, как Contrive Datum Insights, Mordor Intelligence, Insight Ace Analytic, Research and Markets и SPER Market Research [23–27]. Таким образом, по результатам 2022 года среднее значение объема рынка двигателей БПЛА составило 7,61 млрд долл., что значительно превосходит аналогичный показатель 2021 года примерно на 55% (4,9 млрд долл.) и свидетельствует об интенсивном росте рынка [23–28].

Рисунок 1. Объем мирового рынка авиационных двигателей и мирового рынка двигателей беспилотных летательных аппаратов в 2022 году (млрд долл.)



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам отчетов аналитических компаний [16–20; 23–27], 2023

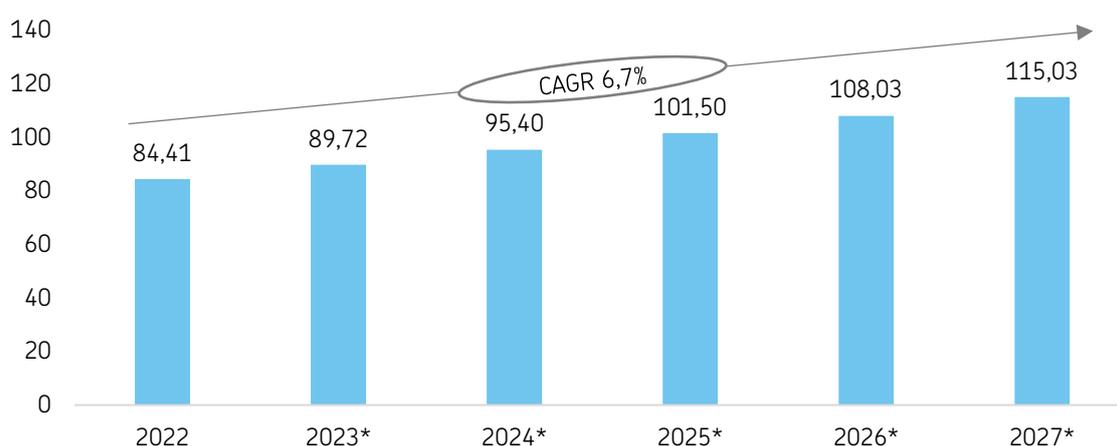
1.3. Темпы роста рынка / сегмента

Раздел посвящен анализу важного показателя, отражающего динамику и направление развития рынка – темпам роста рынка, под которым понимается отношение объема рынка в текущем временном периоде к его объему в прошедшем временном периоде.

В настоящем разделе приведены оценки совокупного среднегодового темпа роста (Compound annual growth rate, CAGR), выражаемого в процентах и иллюстрирующего, на сколько процентов за год прирастает изучаемый параметр. Фокус исследования сосредоточен на оценке фактических совокупных среднегодовых темпов роста рынка авиационных двигателей и рынка двигателей БПЛА на мировом уровне в период с 2021 по 2022 год и прогнозируемых совокупных среднегодовых темпов роста данных рынков в период с 2022 по 2027 годы.

Совокупный среднегодовой темп роста мирового **рынка авиационных двигателей** в период 2021–2022 годов составил примерно 7%, что соответствует оценкам, данным аналитическими компаниями относительно указанного временного промежутка [16–20]. Аналитические компании Precedence Research, Mordor Intelligence, Fortune Business Insights, Maximize Market Research, Market Research.biz прогнозируют, что значение темпов роста данного рынка составит от 4,1% до 10,87% в период с 2022 по 2027 год, что приведет к увеличению объема мирового рынка авиационных двигателей до 91,63 – 127,92 млрд долл. [16–20]. Таким образом, среднее значение объема рынка в 2027 году будет составлять 115,03 млрд долл. при среднем значении темпа роста, равном 6,7% в указанном периоде.

Рисунок 2. Прогноз развития мирового рынка авиационных двигателей в 2022–2027 годы (млрд долл.)

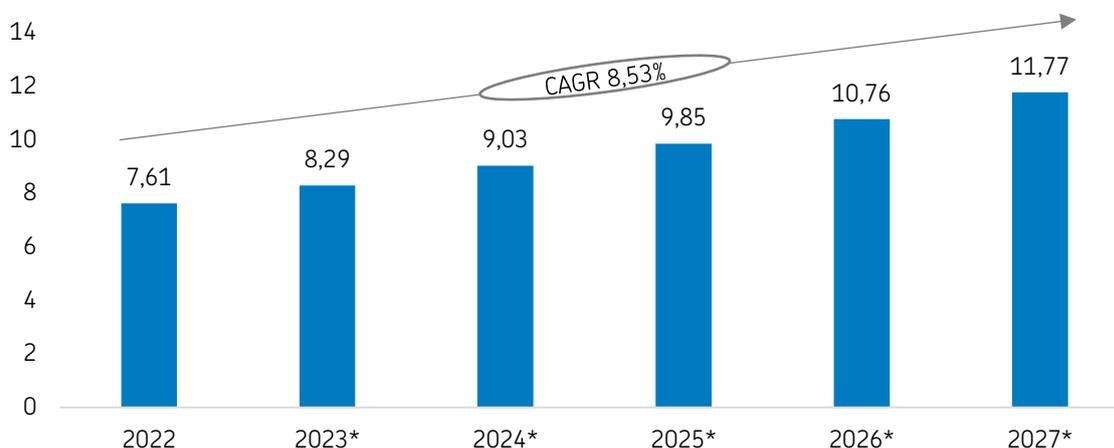


Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам отчетов аналитических компаний [16–20], 2023

В период с 2021 по 2022 год значение среднегодового темпа роста **мирового рынка двигателей БПЛА** составило 55%, что выше прогнозных значений на данный период [23–27]. Аналитики компаний Research and Markets, Insight Ace Analytic, Mordor Intelligence, Contrive Datum Insights и SPER Market Research ожидают, что объем мирового рынка двигателей БПЛА достигнет значений от 7,29 до 25,89 млрд долл. в 2027 году при совокупном среднегодовом темпе роста от 2,56% до 12% в период с 2022 по 2027 год [23–27].

Таким образом, при среднем значении темпа роста в 8,53% среднее значение объема данного мирового рынка будет составлять 11,77 млрд долл. в 2027 году.

Рисунок 3. Прогноз развития мирового рынка двигателей беспилотных летательных аппаратов в 2022–2027 годы (млрд долл.)



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам отчетов аналитических компаний [23–27], 2023

1.4. Жизненный цикл отрасли / рынка, стадия зрелости

В рамках раздела представлено описание жизненного цикла рынков авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов. В рамках проведенного исследования под жизненным циклом рынка подразумевается последовательность стадий развития, через которые проходит рынок с течением времени.

В ходе исследования выявление стадий зрелости рынков осуществлялось на основе анализа данных об объемах и темпах роста соответствующих рынков, описанных в разделах 1.2 и 1.3. По состоянию на конец 2022 года рынок авиационных двигателей превосходил по объему рынок двигателей БПЛА примерно в 11 раз. Согласно прогнозным оценкам, рынок двигателей беспилотных летательных аппаратов продемонстрирует более стремительные темпы роста в период до 2027 года.

На основе совокупности описанных параметров, с учетом показателей деятельности компаний-лидеров (подробнее в Главе 3) в рассматриваемой области и результатов патентного анализа (подробнее в Главе 4) в соответствии с моделью жизненного цикла (industry life-cycle model), предложенной институтом CFA (Chartered Financial Analyst Institute), можно отметить, что рынок авиационных двигателей находится в стадии **зрелости**, характерными чертами которой являются замедление темпов роста, консолидация производителей на рынке, высокие барьеры для входа [29]. Рынок двигателей БПЛА, в свою очередь, находится в стадии **роста**, отличающейся достаточно быстрыми темпами роста рынка и повышением рентабельности, приближаясь к стадии вытеснения конкурентов [30].

1.5. Тренды

Настоящий раздел посвящен актуальным трендам развития рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов. В рамках исследования, представленного в экспертно-аналитическом докладе, под рыночным трендом подразумевается изменение, задающее новое направление развития параметров рыночного явления. Основной фокус исследования сосредоточен на анализе тенденций географического и технологического развития мирового рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов.

В отношении **мирового рынка авиационных двигателей**, в первую очередь, следует отметить тенденцию возобновления пассажирских рейсов, связанную с постепенным восстановлением отрасли и преодолением последствий пандемии коронавирусной инфекции COVID-19. Отмечается, что на рынке авиационных двигателей наблюдается растущий спрос на поставки гражданских авиалайнеров и спрос на замену самолетов в связи с их износом и необходимостью перехода на более экономичные модели с лучшими техническими характеристиками, что создает благоприятные перспективы для увеличения производства авиационных двигателей.

Кроме того, вследствие роста цен на топливо наблюдается увеличение спроса на двигатели нового поколения, повышающие топливную эффективность самолетов, что способствует разработке двигателей новых типов (электрических, гибридных) и развитию мирового рынка авиационных двигателей. Топливная эффективность самолета может быть повышена за счет уменьшения его общего веса. Ожидается, что в таком случае самолету потребуется меньше топлива для достижения той же скорости. Использование таких легких и прочных материалов, как углеродное волокно, армированный пластик, повышает термостойкость двигателя, вследствие чего также повышается топливная эффективность, что способствует росту рынка авиадвигателей [20].

В рамках тренда на развитие двигателей нового поколения отдельно следует отметить развитие водородных двигателей. Водород является экологически чистым топливом и обладает высокой энергоемкостью. При одинаковом с литиевым аккумулятором весе водородный топливный элемент производит в 3 раза больше энергии. Ожидается, что в ближайшие 5 лет сегмент водородных двигателей вырастет в 3 раза – до 2,63 млрд долл. при среднегодовом темпе роста 24% [31; 32].

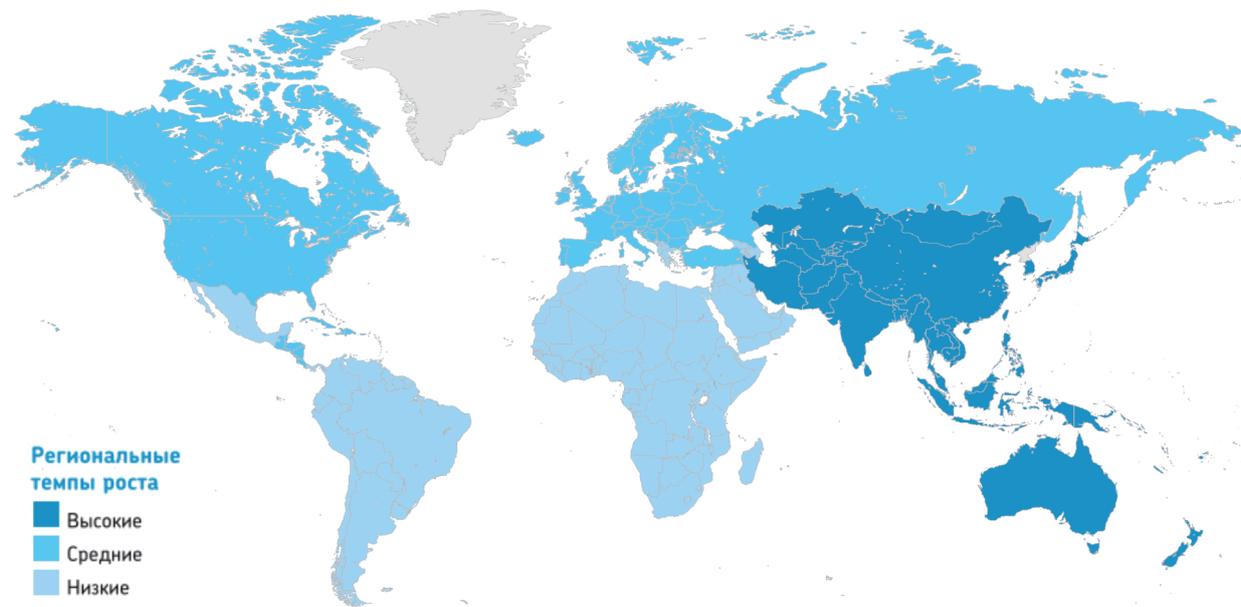
Помимо этого, на мировом рынке авиационных двигателей наблюдается экологический тренд – сдвиг в сторону применения более экологически безопасных технологий производства продукции. Компании-лидеры мирового рынка авиационных двигателей внедряют различные инициативы по достижению нулевого или минимального уровня выбросов CO₂ в окружающую среду к 2050 году в авиационной отрасли [33]. Так, например, в 2021 году компании GE Aerospace и Safran Aircraft Engines в рамках совместного предприятия CFM International запустили программу «Революционные инновации для экологичных двигателей» (Revolutionary Innovation for Sustainable Engines, CFM International RISE), отражающую намерения компаний сократить потребление топлива и выбросов CO₂ более чем на 20% [33].

Еще одним фактором, влияющим на рост объема мирового рынка авиационных двигателей, является увеличение поставок коммерческих самолетов. В качестве основной причины растущего количества авиапассажиров аналитики отмечают рост доходов населения и увеличение среднего класса в Индии и Китае благодаря экономическому росту в данных развивающихся странах.

По данным Международной ассоциации воздушного транспорта (International Air Transport Association, IATA), ожидается, что к 2037 году число пассажиров, путешествующих воздушным транспортом во всем мире, удвоится и достигнет 8,2 млрд человек [20].

В региональном разрезе эксперты аналитической компании Mordor Intelligence прогнозируют, что лидером по среднегодовым темпам роста мирового рынка авиадвигателей в период 2022–2027 годов будет Азиатско–Тихоокеанский регион [17].

Рисунок 4. Темпы роста рынка авиационных двигателей по регионам в 2022–2027 годах

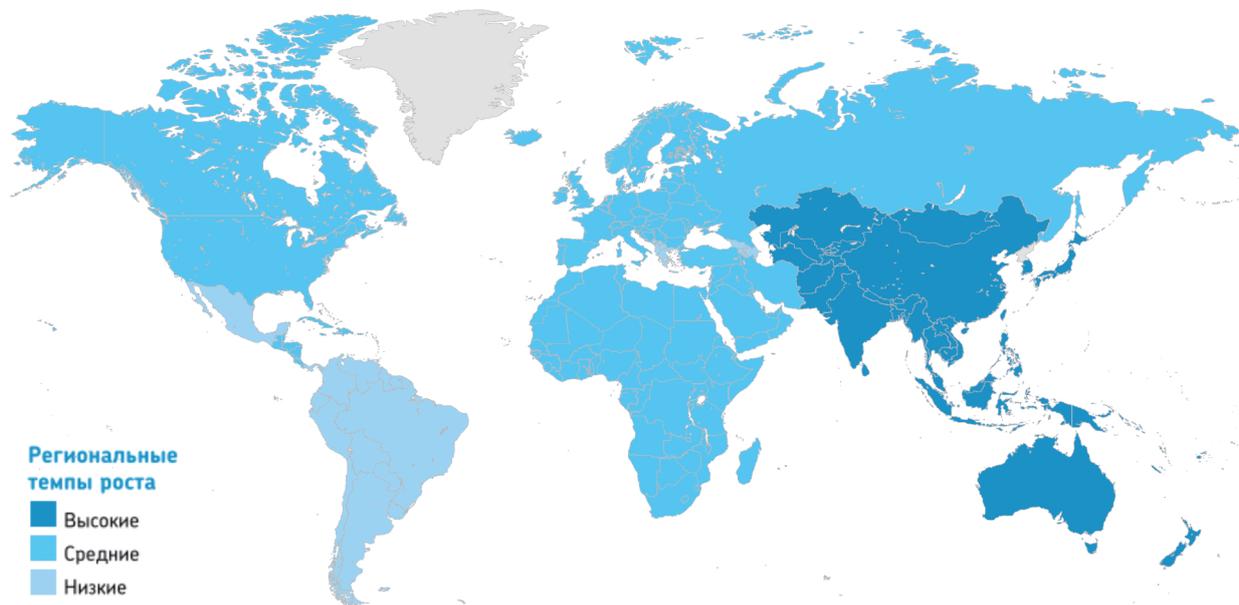


Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Mordor Intelligence, исследование рынка «Aircraft Engine Market Size & Share Analysis – Growth Trends & Forecasts (2023–2028) [17], 2023

На мировом рынке **двигателей беспилотных летательных аппаратов** выделяют военный и коммерческий (гражданский) сегменты. По данным аналитических исследований, прогнозируется, что к 2030 году объем мирового рынка коммерческих беспилотных летательных аппаратов составит около 504,5 млрд долл., а среднегодовой темп роста рынка составит 46,04% в течение прогнозируемого периода с 2022 по 2030 год. Ожидается, что объем мирового рынка военных беспилотных летательных аппаратов вырастет к 2026 году на 7,3% по сравнению с данным показателем в 2021 году и достигнет 18,9 млрд долл.

Аналитики отмечают, что увеличение расходов различных государств в таких сферах, как обеспечение безопасности и усиление защиты от внутренних и внешних угроз, будет стимулировать рост рынка беспилотных летательных аппаратов. Таким образом, развитие рынка беспилотных летательных аппаратов как в коммерческом, так и в военном секторе будет способствовать увеличению объема мирового рынка двигателей беспилотных летательных аппаратов [34].

Рисунок 5. Темпы роста рынка двигателей беспилотных летательных аппаратов по регионам в 2023–2028 годах



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Mordor Intelligence, исследование рынка «UAV Propulsion Systems Market Size & Share Analysis – Growth Trends & Forecasts (2023–2028) [23], 2023

В региональном разрезе эксперты аналитической компании Mordor Intelligence прогнозируют, что лидером по среднегодовым темпам роста мирового рынка двигателей беспилотных летательных аппаратов в период 2023–2028 годов будет Азиатско-Тихоокеанский регион [23].

ГЛАВА 2. БАРЬЕРЫ, РИСКИ И НОРМАТИВНОЕ ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ РЫНКА АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ВКЛЮЧАЯ ДВИГАТЕЛИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНЕТ» НТИ

Глава содержит описание барьеров и рисков, возникающих перед организациями, ведущими деятельность на рынке авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, а также результаты анализа мер государственной поддержки научно-исследовательских работ и международного и национального нормативно-технического ландшафта в рассматриваемой области.

2.1. Барьеры

Настоящий раздел посвящен наиболее актуальным барьерам, препятствующим развитию компаний, осуществляющих разработку авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов.

Таблица 2. Барьеры развития компаний, осуществляющих разработку авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов

Барьер	Описание
Нехватка квалифицированных кадров	<p>Существует нехватка рабочей силы, особенно высококвалифицированного персонала, включая инженеров, квалифицированных рабочих. Проблема найма сотрудников обострилась после сокращения штата во время пандемии коронавирусной инфекции. Компании-лидеры рынка авиационного двигателестроения отмечают, что текущий спрос на продукцию и услуги вызвал значительную потребность в дополнительном персонале. Кроме того, существует большой разрыв в опыте и знаниях специалистов, что требует выстраивания кадровой политики, направленной на поддержку талантов и регулярную переподготовку кадров, в первую очередь в области цифровых технологий. Трудности найма и удержания талантов связаны в том числе с возросшей конкуренцией за работников со стороны других отраслей.</p> <p>Растет спрос на квалифицированные кадры в стремительно развивающемся секторе беспилотной авиации, что требует разработки образовательных программ для подготовки специалистов, владеющих навыками и знаниями в данной области.</p>
Сбои цепочек поставок	<p>Нехватка важных запчастей и глобальные логистические проблемы привели к тому, что сроки поставки критически важных компонентов существенно возросли (в некоторых случаях превышают год) и вынудили компании переосмыслить свои стратегии цепочек поставок и логистики. Для авиадвигателестроительных компаний эта проблема особо ощутима в связи с тем, что некоторые из некрупных поставщиков компонентов для двигателей обанкротились во время пандемии коронавирусной инфекции или переориентировались на производство компонентов для других секторов. Существует нехватка электроники и сырья (алюминий, титан), наблюдаются затруднения с поиском бывших в употреблении деталей, что создает проблемы для вторичного рынка. Ожидается, что из-за кризиса цепочек поставок быстрое восстановление авиационной отрасли будет приостановлено.</p> <p>Вместе с тем, такая ситуация требует от компаний развития и наращивания собственного производства необходимых компонентов.</p>

Барьер	Описание
Киберугрозы	<p>Кибератаки существенным образом влияют на безопасность операционной деятельности компаний, цепочки поставщиков, безопасность самой продукции, особенно БПЛА. Уязвимость БПЛА к кибератакам обусловлена главным образом их зависимостью от беспроводной связи и способа управления (на расстоянии). Таким образом, они более подвержены перехвату, подмене и захвату со стороны злоумышленников. Рост числа используемых в воздухе дронов может сказаться на статистике аварийных ситуаций и количестве кибератак на них, что требует тщательного подхода к обеспечению кибербезопасности при использовании БПЛА.</p>
Недостаточная развитость нормативно-правовой базы	<p>Высокая стоимость разработки и сертификации, высокие требования к валидации – один из ключевых барьеров. Авиационные двигатели проходят тщательные испытания, сертификацию и соответствуют строгим стандартам безопасности, что значительно увеличивает первоначальные инвестиции и сроки разработки. По данным открытых источников, стоимость разработки и сертификации типа газотурбинного двигателя (ГТД) занимает более 10 лет и превышает цену опытного экземпляра в 200 раз. С такими же проблемами сталкиваются компании беспилотной авиации.</p> <p>Отсутствие проработанной нормативной базы по разработке БПЛА и их комплектующих, процедурам сертификации, а также регулированию и контролю полетов в общем воздушном пространстве особенно в свете развития передовой воздушной мобильности (аэромобильности) является существенным барьером для развития данного сектора. Проблема актуальна в особенности для Российской Федерации, где нормативно-техническое поле регулирования в данной области только формируется. Авиационные требования по сертификации Федерального агентства воздушного транспорта (Росавиация) слабо отражают специфику беспилотных летательных аппаратов, к БПЛА предъявляются требования, аналогичные требованиям к пилотируемой авиационной технике, что делает необходимым прохождение большого объема натурных сертификационных испытаний и, как следствие, влияет на стоимость и сроки сертификации и соответственно на сроки вывода продукции на рынок.</p> <p>Преодолеть барьер развития авиаотрасли, включая авиационные двигатели и двигатели БПЛА, позволит совершенствование нормативной базы, а также применение подхода «цифровой сертификации» – специализированного бизнес-процесса, основанного на тысячах (десятках тысяч) цифровых (виртуальных) испытаний как отдельных компонентов, так и системы в целом, целью которого является прохождение с первого раза всего комплекса натурных, сертификационных и прочих испытаний³. Применимость данного подхода демонстрируется Передовой инженерной школой «Цифровой инжиниринг» СПбПУ в рамках реализации ряда проектов в области авиационного двигателестроения и инициативного проекта по разработке БПЛА.</p> <p>Подход «цифровой сертификации» постепенно внедряется в других странах, например Федеральное управление гражданской авиации США (FAA) позволяет заменять натурные испытания некоторых изменений конструкции летательных аппаратов аэродинамическими расчетами, которые подтверждают, что такая модификация не приведет к нарушению требований летной эксплуатации и снижению безопасности самолета.</p> <p>Отечественные компании сталкиваются с еще одним барьером – отсутствием регулирования в области передачи данных с эксплуатируемых изделий разработчикам авиационных двигателей. Данный барьер препятствует развитию процесса разработки и совершенствованию конструкций изделий.</p>

³ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 7 ноября 2023 г. № 3113-р. «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности» [35].

Барьер	Описание
Технологические барьеры	<p>В настоящий момент сохраняются барьеры в области разработки альтернативных видов топлива и новых типов двигателей. Например, электрические двигатели имеют ограничения мощности и срока службы аккумуляторов: энергии, которую генерируют современные батареи, недостаточно для обеспечения дальности и скорости полетов. Но стремление сделать авиацию более экологичной стимулирует компании инвестировать в данное направление, а также в создание альтернативных видов топлива, несмотря на высокую стоимость разработки и последующей реализации, включая стоимость развития инфраструктуры.</p> <p>В России разработка электрических двигателей требует развития собственной электронной компонентной базы (включая полупроводниковые компоненты), мощности которой на текущий момент позволяют разрабатывать и производить продукцию ограниченного ассортимента и в ограниченном количестве. В условиях затрудненного доступа к иностранной электронной / микроэлектронной продукции становится важным в кратчайшие сроки реализовать импортозамещение в наиболее критичных областях.</p> <p>Развитию отечественных компаний в рассматриваемой области также препятствуют: низкий уровень цифровизации, медленный процесс перехода на взаимодействие внутри цифровой среды (в т.ч. электронный документооборот), недостаточный уровень технологичности отечественного промышленного оборудования, импортозависимость оборудования, сложности реализации софинансирования и недостаточное финансирование программ разработки критических технологий и технических решений для создания конкурентоспособных двигателей нового поколения.</p>

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам открытых источников и годовых отчетов компаний, разрабатывающих авиационные двигатели и двигатели БПЛА [36–55], 2023

2.2. Риски

Раздел посвящен описанию рисков, в краткосрочной и долгосрочной перспективе влияющих на развитие бизнеса компаний, осуществляющих разработку авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов. Перечень рисков составлен по итогам анализа открытых источников и годовых отчетов компаний-лидеров в рассматриваемой области (перечень рассматриваемых компаний представлен в Главе 3).

Таблица 3. Перечень рисков развития компаний, осуществляющих разработку авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов

Риск	Факторы, влияющие на деятельность компании
Риск потери конкурентных позиций на рынке	Применение компаниями-конкурентами передовых технологий, способствующих оптимизации бизнес-процессов и совершенствованию продукции, которая станет более привлекательной для клиентов, а также появление новых нишевых игроков, предлагающих клиентам сервисные услуги на более выгодных условиях, может привести к снижению конкурентоспособности компании, доходов и рентабельности бизнеса.
Риск потери репутации и несоответствия ожиданиям клиентов	Невыполнение заказов в срок / обязательств по контрактам в связи с операционными сбоями (сбои цепочек поставок), а также предоставление небезопасной продукции наносит репутационный и финансовый ущерб компании.

Риск	Факторы, влияющие на деятельность компании
Риск недостижения стратегических целей компании	Изменения в глобальной торговой политике (в том числе санкции), а также затраты на соблюдение часто противоречащих друг другу нормативных актов разных стран мира, где ведется бизнес, могут негативно сказаться на гибкости стратегии компании, изменении продуктовой, маркетинговой и ценовой политики и, как следствие, привести к отклонению от ранее заявленных стратегических целей и снижению темпов роста бизнеса.
Риски, связанные с развитием и внедрением, а также масштабированием новых технологий	<p>Внедрение новых технологий не всегда позволяет компании получить ожидаемые выгоды в той степени или в те сроки, которые были изначально запланированы по причине ряда факторов, включая несоблюдение графиков разработки, производства, сертификации и получения разрешений регулирующих органов, наличие мощностей предприятий для выполнения технического обслуживания и ремонта, наличие необходимого квалифицированного персонала, несостоятельность поставщиков и другие.</p> <p>Риск также связан с рисками кибербезопасности и потери конкурентных позиций (конкуренты быстрее и успешнее внедряют новые технологии, способствующие снижению операционных издержек и совершенствованию продукции, которая становится более привлекательной для клиентов).</p>
Риски кибербезопасности, связанные с несанкционированным доступом, промышленной безопасностью в целом	Критическая инфраструктура все больше переходит в цифровой формат, в связи с чем возрастает вероятность сбоев в операционной деятельности компании, утечки данных (возможна потеря информации на разных стадиях жизненного цикла продукта) и невозможности должным образом обеспечить конфиденциальность персональных или коммерческих данных.
Риск утраты интеллектуальной собственности	В рамках реализации деятельности различных международных консорциумов, совместных проектов с компаниями из других стран возникают сложности в обеспечении охраны интеллектуальной собственности, в том числе связанные со спецификой законодательства отдельных стран.
Риск не выполнить обязательства, включая несоблюдение требований законодательства, стандартов, иных нормативных правовых актов, по обеспечению охраны окружающей среды (достижение нулевого уровня выбросов к 2050 году)	<p>Риск обусловлен возможными изменениями в законах, нормативных актах или политике в области охраны окружающей среды и изменения климата, что, в свою очередь, может привести к ужесточению требований к соблюдению норм, необходимости дополнительных инвестиций в разработку продукции, иным дополнительным расходам (компенсация выбросов углерода).</p> <p>При этом неспособность компании перейти к производству эффективной и экологичной продукции может влиять на успешное развитие бизнеса в долгосрочной перспективе (включая доступ к государственному финансированию, привлечение и удержание квалифицированных кадров, сохранение репутации и другое).</p>
Риск потери квалифицированных кадров	В связи с выходом на пенсию опытных специалистов и невозможностью привлечь и удерживать квалифицированные кадры возможны сбои в выполнении контрактов, репутационный ущерб, финансовые последствия.
Финансовые риски	<p>Финансовые риски (увеличение расходов, увеличение стоимости продукции, снижение доходов и др.) взаимосвязаны со всеми перечисленными рисками, в том числе с рисками инвестирования в НИОКР и неспособностью реализовать преимущества от заключенных партнерств и приобретения / присоединения организаций.</p> <p>Также риск резкого снижения спроса на продукцию и сервисные услуги может быть связан с последствиями пандемии коронавирусной инфекции и угрозой новой пандемии, крупными стихийными бедствиями в отдельных регионах,</p>

Риск	Факторы, влияющие на деятельность компании
	кибератаками / террористическими угрозами в отношении инфраструктуры, авиационной техники, что, в свою очередь, может привести к снижению спроса на авиаперевозки. Кроме того, к факторам риска относятся геополитические конфликты и вводимые ограничения стран (санкции).
Риск операционных сбоев, в том числе сбои цепочек поставок	Операционные риски, как и финансовые, взаимосвязаны с вышеупомянутыми рисками. На операционные риски влияет множество факторов: несостоятельность поставщиков, наличие / отсутствие и стоимость сырья / материалов ⁴ , геополитические конфликты, требующие от компаний существенного пересмотра цепочки поставщиков и изменения логистики, ограничения, связанные с пандемией коронавирусной инфекции и другие. В свою очередь это может угрожать выполнению обязательств по коммерческим и государственным контрактам, а также может привести к снижению продаж и прибыли, штрафам или расторжению контрактов и ухудшению отношений с клиентами.

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам открытых источников и годовых отчетов компаний, разрабатывающих авиационные двигатели и двигатели БПЛА [36–38; 40; 56; 57], 2023

2.3. Нормативное правовое регулирование, в т.ч. анализ государственных программ поддержки по НИРам и НИОКРам

В рамках данного раздела представлены результаты исследования зарубежной и отечественной государственной политики в области поддержки разработки авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов. Анализ был сфокусирован на рассмотрении актуальных государственных программ стран, которые являются традиционными лидерами авиадвигателестроения (США, Великобритания, Россия, Китай, Европейский Союз) и стран-участниц межгосударственного объединения БРИКС (BRICS).

Таблица 4. Краткое описание государственных программ поддержки НИР и НИОКР в области авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов

Страна, наименование документа (ов)	Краткое описание государственных программ поддержки НИР и НИОКР
США Национальный план исследований в области авиации 2023–2027 (National Aviation Research Plan 2023–2027, National Aviation Research Plan 2024–2028, NARP) [58],	В США приоритеты развития в авиационной промышленности зафиксированы в Национальном плане исследований в области авиации (National Aviation Research Plan), который формируется и актуализируется Федеральным управлением гражданской авиации США (Federal Aviation Administration, FAA) ежегодно на пятилетний период [58]. В документе представлено описание приоритетных краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных (выходящие за рамки 2028 года) исследований в соответствии со следующими целями: совершенствование управления аэропортовой деятельностью, воздушным движением и воздушным пространством; применение новых технологий для аэрокосмических аппаратов, аэропортов

⁴ Стоимость сырья является ключевым элементом в себестоимости продукции в аэрокосмической отрасли (никель, сталь, титан и другие металлы). Согласно данным годового отчета Honeywell по состоянию на конец 2022 года, в подразделении AeroSpace 79% сырьевой базы закупалось у сторонних организаций [36].

Страна, наименование документа (ов)	Краткое описание государственных программ поддержки НИР и НИОКР
<p>Программа непрерывного снижения энергопотребления, выбросов и шума, 3-й этап (Continuous Lower Energy, Emissions, and Noise (CLEEN) program, Phase III, 2020–2025) [59],</p> <p>Центры передового опыта в области беспилотной авиации (The FAA UAS Center of Excellence – the Alliance for System Safety of UAS through Research Excellence (ASSURE), 2015 – настоящее время) [60],</p> <p>Проект закона об исследованиях и разработках в области беспилотных летательных аппаратов и перспективной воздушной мобильности (National Drone and Advanced Air Mobility Research and Development Act, 2023) [61]</p>	<p>и космодромов; эффективное использование инфраструктуры системы государственного воздушного пространства (National Airspace System, NAS), аэропортов и космодромов; повышение эффективности труда; совершенствование оперативно-управленческого и общесистемного аналитического потенциала (применение технологий искусственного интеллекта, машинного обучения, больших данных).</p> <p>Согласно Плану на период 2023–2027 годы расходы на НИОКР в 2023 году составляют 534,5 млн долл. [62], в опубликованном Плане на перспективу 2024–2028 годы совокупный объем инвестиций в НИОКР на следующий 2024 год предполагается в размере 505,1 млн долл. (255,1 млн долл. на исследования и разработки, 193,2 млн долл. на аэронавигационные средства и оборудование, 56,8 млн долл. на программу развития аэропортов) [63].</p> <p>Среди проектов Плана на 2023–2027 годы, которые непосредственно затрагивают авиационное двигателестроение, осуществляется поддержка разработки обновленной версии программного обеспечения для решения задач механики разрушения и определения надёжности конструкций газотурбинных двигателей – DARWIN® (Design Assessment of Reliability with Inspection). Усовершенствованная версия программного обеспечения содержит данные об аномалиях и дефектах материалов (никеля и титана), возникающих при их производстве или возникающих во время производства и обслуживания роторов двигателей [62].</p> <p>Исследования в области цифрового проектирования и моделирования также поддерживаются в рамках Национального плана на 2024–2028 годы. Например, в перспективе до 2028 года LS-DYNA® Aerospace Working Group, ANSYS, NASA, Министерство обороны США (United States Department of Defense) и университеты реализуют проект по разработке усовершенствованной методики компьютерного моделирования, испытаний, в том числе предсказательного моделирования повреждений и разрушений двигателя из-за разрыва ротора и отрыва лопастей (для текущих и будущих двигательных установок) [63]. Такие исследования важны для повышения безопасности полетов, поскольку, когда вращающиеся части двигателя разрушаются и их фрагменты вылетают из корпуса двигателя, они могут поразить другие объекты (корпус двигателя, части самолета), что приводит к катастрофическим повреждениям. Также в рамках актуального Плана исследований в области авиации совместно с Министерством обороны США и SAE International реализуется проект по исследованию влияния различных нагрузок и условий окружающей среды на электрические авиационные двигатели с целью обеспечения их безопасной эксплуатации, включая разработку стандартов и методик испытаний (надёжность, выносливость, долговечность) двигателей такого типа. Кроме того, в рамках плана заявлены проекты по применению беспилотной авиации в чрезвычайных ситуациях и обеспечении безопасности воздушного пространства.</p> <p>В плане на 2024–2028 годы также указаны перспективы реализации экологического проекта Федерального управления гражданской авиации США (FAA) – Программы непрерывного снижения энергопотребления, выбросов и шума (Continuous Lower Energy, Emissions, and Noise (CLEEN) program), в рамках которой реализуются проекты по разработке новых технологий в области самолето- и двигателестроения, способствующие снижению расходов топлива и уровня шума. С 2021 года реализуется третий этап программы, а в 2024 году будут определены цели четвертого этапа</p>

Страна, наименование документа (ов)	Краткое описание государственных программ поддержки НИР и НИОКР
	<p>программы [63].</p> <p>Программа CLEEN реализуется Федеральным управлением гражданской авиации США в сотрудничестве с промышленными компаниями. С 2010 года реализовано два этапа Программы, с 2020 по 2026 год ведутся проекты в рамках третьего этапа, на который выделено 100 млн долл. [64]. Ожидается, что разработанные в рамках третьего этапа технологии будут применяться в отрасли с 2031 года.</p> <p>Третий этап программы предполагает достижение следующих показателей: сокращение расхода топлива на 20% по сравнению с показателями Международной организации гражданской авиации (International Civil Aviation Organization, ICAO, ИКАО), совокупное снижение шума на 25 дБ (по сравнению со стандартом Stage 5), сокращение эмиссии NO_x (оксид азота) на 70% при посадке/взлете (относительно стандарта CAEP/8).</p> <p>Ряд проектов программы направлен на совершенствование технологий авиадвигателестроения. Например, Pratt & Whitney совершенствует камеру сгорания TALON X+, используя новые конструкции завихрителей и альтернативные варианты конструкции системы охлаждения. Разрабатываемая технология снизит шум камеры сгорания, уменьшит выбросы и позволит улучшить конструкцию и эффективность турбины высокого давления. GE Aviation (GE Aerospace) разрабатывает двигатель с открытым вентилятором. Разработка позволит снизить потребление топлива более чем на 10% по сравнению с текущим двигателем LEAP. Honeywell работает над созданием более эффективного вентилятора, совершенствованием компрессоров высокого давления в целях снижения уровня шума и расхода топлива [59]⁵.</p> <p>Сектор беспилотной авиации активно развивается в США и составляет 11,1 млрд долл. (на 2022 год) [65]. На государственном уровне Федеральным управлением гражданской авиации США с 2015 года осуществляется поддержка центров передового опыта в области беспилотной авиации (The FAA UAS Center of Excellence – the Alliance for System Safety of UAS through Research Excellence, ASSURE) [66], созданных на базе 23 исследовательских институтов и университетов. Деятельность центров направлена на реализацию исследований и обучение специалистов в областях, имеющих решающее значение для безопасной и успешной интеграции БПЛА в воздушное пространство страны (взаимодействие систем управления воздушным движением; наземные операции в аэропортах; управление и связь, безопасность полетов на малых высотах, снижение шума, подготовка экипажей беспилотных летательных аппаратов и др.). Также с 2012 года в стране создано 7 испытательных полигонов для БПЛА в рамках пятилетней программы UAS Test Site Program [67].</p> <p>На сегодняшний момент на государственном уровне обсуждается проект закона об исследованиях и разработках в области беспилотных летательных аппаратов и перспективной воздушной мобильности (National Drone and Advanced Air Mobility Research and Development Act) [61], направленный на поддержку национальных компаний путем субсидирования разработок, производства и внедрения БПЛА для достижения лидирующих позиций на международном рынке (в первую очередь, чтобы конкурировать с</p>

⁵ Проекты компаний-лидеров рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, рассмотрены в разделе 3.4 и 4.1.

Страна, наименование документа (ов)	Краткое описание государственных программ поддержки НИР и НИОКР
	<p>китайскими компаниями-лидерами в этой области). Также законопроект предусматривает существенное финансирование исследований и предполагает создание сети исследовательских институтов в области беспилотных летательных аппаратов (Drone Leadership Network).</p> <p>Кроме того, в 2023 году было объявлено о разработке инициативы «Репликатор» (Replicator Initiative), направленной на обеспечение превосходства США над Китаем в области военной беспилотной авиации [68].</p>
<p>Великобритания Программа Института аэрокосмических технологий (The ATI Programme 2020–2050) [69], Стратегия «Destination Zero» [70] (2022–2050), Инновационная программа Future Flight Challenge (FFC, 2019–2024) [71]</p>	<p>В рамках программы Института аэрокосмических технологий (The ATI Programme 2020–2050) осуществляется поддержка научно-исследовательских проектов, направленных на повышение конкурентоспособности аэрокосмической отрасли Великобритании в соответствии с общеотраслевой стратегией [70]. Актуализированная в 2022 году стратегия «Destination Zero» заменила принятую в 2019 году стратегию «Accelerating Ambition». В рамках новой стратегии основное внимание уделяется мерам по снижению воздействия авиации на окружающую среду, в связи с этим поддержка НИОКР осуществляется по трем технологическим направлениям: авиационные технологии, обеспечивающие минимизацию выбросов углекислого газа (силовые установки с использованием аккумуляторных батарей, водородных топливных элементов), сверхэффективные авиационные технологии (технологии, направленные на повышение энергоэффективности и, следовательно, влияющие на снижение выбросов CO₂, NO_x и шум), междисциплинарные/сквозные технологии (применение междисциплинарных технологий проектирования и анализа всего самолета на протяжении всего жизненного цикла). Наиболее приоритетными направлениями для инвестиций определены сегменты рынка широкофюзеляжных и узкофюзеляжных самолетов. Также финансирование выделяется на проекты, которые могут продемонстрировать масштабируемые технологические решения или существенные экономические, экологические и технологические преимущества [72].</p> <p>Программа координируется Департаментом бизнеса и торговли (Department for Business and Trade, DBT), инновационным агентством Великобритании (Innovate UK, является частью организации Исследований и инноваций Великобритании, UK Research and Innovation), Институтом аэрокосмических технологий (Aerospace Technology Institute, ATI) и реализуется в партнерстве с компаниями аэрокосмической отрасли. Общая сумма финансирования программы в периоды 2022–2023 годов и 2024–2025 годов составляет 1 млрд фунтов (1,2 млрд долл.), из которых государственное финансирование составляет 685 млн фунтов (847,27 млн долл.⁶) [73].</p> <p>В 2023 году на реализацию проектов было выделено финансирование в размере 113 млн фунтов (140,39 млн долл.⁷). Три проекта реализуются при участии компании Rolls-Royce: разработка технологий и архитектуры подсистем камеры сгорания водородной газовой турбины (Hydrogen Engine System Technologies, HVEST), топливной системы для водородной газовой турбины (Liquid Hydrogen Gas Turbine, LH2GT), ключевых технологий и архитектуры водородной газовой турбины (Robustly Achievable Combustion of Hydrogen Engine Layout, RACHEL). Также поддержан проект</p>

⁶ Перевод фунтов стерлингов в доллары осуществлялся по среднегодовому курсу за 2022 год.

⁷ Перевод фунтов стерлингов в доллары осуществлялся по среднегодовому курсу за 2023 год.

Страна, наименование документа (ов)	Краткое описание государственных программ поддержки НИР и НИОКР
	<p>компании «Vertical Aerospace» по разработке прототипа силовой установки с использованием аккумуляторных батарей (установка может использоваться в том числе в электрических самолетах вертикального взлета и посадки (eVTOL)) [74].</p> <p>Кроме того, в стране с 2019 года реализуется инновационная программа «Future Flight Challenge» (FFC) [71], в рамках которой осуществляется поддержка создания авиационной экосистемы, необходимой для ускорения внедрения передовой воздушной мобильности (ААМ) [39], беспилотников и электрических субрегиональных самолетов в Великобритании. Совокупное финансирование программы составляет 300 млн фунтов (383,16 млн долл.⁸), 125 млн фунтов (159,65 млн долл.) – государственное финансирование, остальная сумма обеспечивается за счет инвестиций промышленных компаний [75]. В рамках программы поддержан ряд проектов по разработке новых летательных аппаратов, а также проектов по управлению воздушным пространством (например, проект Sees.ai’s advanced drone system) и обеспечению безопасности (например, проект SafeZone 3) [76].</p>
<p>Европейский Союз (ЕС)</p> <p>Программа «Чистое небо 2» (Clean Sky 2, 2014–2024) [77],</p> <p>Программа «Чистая авиация» (Clean Aviation programme, 2021–2031) [78],</p> <p>Европейская стратегия развития дронов (European Drone Strategy 2.0, 2022) [79]</p>	<p>Европейский Союз реализует программу «Clean Sky 2», которая является продолжением программы «Clean Sky» (2008–2014 гг.) и осуществляется в целях создания технологий, способствующих снижению негативного воздействия авиации, включая малую авиацию, на окружающую среду, а также развития сильной и конкурентоспособной на мировом рынке авиационной промышленности Европы. В рамках программы осуществляется поддержка проектов по разработке технологий, которые способствуют сокращению выбросов диоксида углерода и оксида азота, а также снижению уровня шума на 20–30% по сравнению с шумом самолетов 2014 года. Программа поддержана в рамках европейской программы «Horizon 2020» (1,8 млрд евро или 1,89 млрд долл.) [80] и имеет совокупный государственный и частный бюджет чуть менее 4 млрд евро (4,21 млрд долл.⁹) [81].</p> <p>В рамках программы реализуются такие проекты, как: Tech TP – гибридный электрический двигатель для турбовинтового самолета (Safran и 20 организаций-партнеров) [82], большой турбовентиляторный двигатель с большой степенью двухконтурности (Very High Bypass Ratio Large Turbofan, VHBR), разрабатываемый под руководством Rolls-Royce [83], турбовинтовой двигатель для малой авиации (консорциум MAESTRO, возглавляемый Piaggio Aero Industries) [84] и другие [85].</p> <p>В 2021 году была запущена программа «Clean Aviation», основанная на ранее принятых программах «Clean Sky 2» и «Clean Sky» и продолжающая поддержку инициатив по обеспечению климатической нейтральности к 2050 году с учетом приоритетов ЕС, зафиксированных в рамочных документах (например, The European Green Deal и European Sustainable Aviation Roadmap). Целью программы «Clean Aviation» является разработка следующего поколения сверхэффективных самолетов с низким уровнем выбросов углерода, с новыми источниками энергии, двигателями и системами по трем направлениям, сформулированным согласно Программе стратегических исследований и инноваций в области чистой авиации (Clean Aviation Strategic</p>

⁸ Перевод фунтов стерлингов в доллары осуществлялся по среднегодовому курсу за 2019 год.

⁹ Перевод евро в доллары осуществлялся по среднегодовому курсу за 2022 год.

Страна, наименование документа (ов)	Краткое описание государственных программ поддержки НИР и НИОКР
	<p>Research and Innovation Agenda, SRIA) [86]: прорывные технологии, позволяющие использовать самолеты с водородными двигателями, региональный гибридный электрический самолет, сверхэффективный самолет ближней и средней дальности [87].</p> <p>Общий бюджет программы составляет 4,1 млрд евро (4,85 млрд долл.¹⁰). В июле 2023 года было выделено 380 млн евро (410,97 млн долл.¹¹) на поддержку 8 проектов, среди которых несколько проектов посвящены разработке технологий для авиадвигателей, например, силовая установка на топливных элементах для авиационных мегаваттных двигателей (FAME, AIRBUS) и водородно-электрическая силовая установка с нулевым уровнем выбросов (HEROPS, MTU AERO ENGINES AG) [88].</p> <p>Государства в составе Европейского Союза также реализуют самостоятельную поддержку развития авиационной отрасли в целях достижения декарбонизации. В июне 2023 года было объявлено об инвестициях в размере 8,5 млрд евро (9,3 млрд долл.¹²) на период до 2027 года на поддержку авиационной отрасли Франции. Кроме того, в период 2024–2030 годов на поддержку отрасли через Совет по исследованиям в области гражданской авиации (Civil Aeronautics Research Council, CORAC) будет выделяться 300 млн евро (328,47 млн долл.) ежегодно. Эти средства будут направлены на разработку экологичных двигателей, создание более легких и прочных компонентов самолетов, а также финансирование малого бизнеса, занимающегося разработкой авиационных технологий, включая самолеты с электрическими и водородными двигателями [89].</p> <p>В развитие технологий беспилотной авиации, согласно открытым источникам, с 2003 года Европейский Союз инвестировал 980 млн евро. В рамках исследовательских и инновационных программ было поддержано 320 проектов, связанных с разработками БПЛА [90]. В 2022 году была принята Европейская стратегия развития дронов (European Drone Strategy 2.0) в целях формирования европейского рынка услуг БПЛА и усиления потенциала и синергии гражданской и оборонной промышленности ЕС [91]. Стратегия направлена на разработку нормативных документов, регламентирующих полеты авиации (включая беспилотную авиацию), правила эксплуатации и сертификации БПЛА, требования к компетенциям операторов БПЛА, системы финансирования исследований и инноваций двойного назначения, меры по защите воздушного пространства от дронов, на разработку сервисов быстрого реагирования на чрезвычайные происшествия и доставки медикаментов и др. [92; 93].</p>
<p>Китайская Народная Республика (КНР, Китай)</p> <p>14-й пятилетний план социально-экономического развития (2021–2025) и долгосрочные цели развития до</p>	<p>Китай динамично развивает направление авиадвигателестроения, лидируя в Азиатско-Тихоокеанском регионе. В 2015 году правительством КНР был обнародован стратегический план развития производственного сектора «Сделано в Китае 2025» (Made in China 2025), согласно которому аэрокосмическое и авиационное оборудование является одним из десяти ключевых стратегических секторов, развитие которых необходимо для превращения КНР в «производственную сверхдержаву». В плане отмечается, что в ближайшее десятилетие необходимо ускорить разработку больших</p>

¹⁰ Перевод евро в доллары осуществлялся по среднегодовому курсу за 2021 год.

¹¹ Перевод евро в доллары осуществлялся по среднегодовому курсу за 2023 год.

¹² Перевод евро в доллары осуществлялся по курсу за июнь 2023 года.

Страна, наименование документа (ов)	Краткое описание государственных программ поддержки НИР и НИОКР
<p>2035 года Китайской Народной Республики (The 14th Five-Year Plan (2021–2025) for National Economic and Social Development and Vision 2035 of the People's Republic of China) [94],</p> <p>Стратегический план развития производственного сектора «Сделано в Китае 2025» (Made in China 2025) [95]</p>	<p>самолетов, своевременно начать разработку широкофюзеляжных пассажирских самолетов, стимулировать международное сотрудничество в разработке тяжелых вертолетов; содействовать индустриализации магистральных и региональных самолетов, вертолетов, дронов и самолетов общего назначения. Относительно авиадвигателестроения особое внимание уделяется созданию независимой промышленной системы разработки двигателей (турбовинтовых двигателей с высоким отношением тяги к массе, турбовентиляторных двигателей с большим коэффициентом перепуска), созданию бортового оборудования и систем, а также формированию независимой и полной цепочки поставок для авиационной промышленности [96].</p> <p>Кроме того, цели, задачи и направление развития авиационной отрасли КНР определяются 14-м пятилетним планом (The 14th Five-Year Plan (2021–2025) for National Economic and Social Development and Vision 2035 of the People's Republic of China), в котором подчеркивается переход к экологически чистому и низкоуглеродному развитию и необходимость ускорения проведения исследований и разработок технологий для перспективных авиационных двигателей и материалов, а также перспективных генераторов для широкофюзеляжных самолетов, важность промышленного освоения перспективных гражданских турбовальных двигателей и содействия разработке турбовентиляторного двигателя CJ1000¹³ [94]. В марте 2023 года в открытых источниках появилась информация о том, что двигатель CJ1000 поступил на летные испытания [97].</p> <p>Большинство провинций и городов Китая сформулировали конкретные цели развития направлений авиадвигателестроения, опираясь на положения 14-го пятилетнего плана. Так, например, в провинции Шаньси в этот период должны быть созданы 4 или более кластеров в области авиастроения, которые станут важными национальными экспериментальными и демонстрационными базами для развития авиационной промышленности. Кроме того, до 2025 года запланировано создание кластера авиационной и аэрокосмической промышленности в Шанхае. Ожидается, что к 2025 году объем производства авиационной и аэрокосмической промышленности Шанхая достигнет 80 млрд юаней (11,16 млрд долл.¹⁴). Также в этот период будет создано 3 организации по проведению исследований, производству и ремонту в области авиастроения в провинции Хайнань. К 2025 году в провинции Ганьсу будет заложен Западный центр технического обслуживания и ремонта воздушных судов, а в провинции Гуандун ожидается строительство 2–3 индустриальных парков, и к концу 2024 года объем производства высокотехнологичного оборудования достигнет показателя 350 млрд юаней (48,84 млрд долл.) [96].</p>
<p>Российская Федерация (Россия, РФ)</p> <p>Государственная программа «Развитие авиационной промышленности» (2014–2025, в 2022 году была</p>	<p>Приоритеты и цели государственной политики Российской Федерации в авиационной отрасли, включая авиационное двигателестроение, определены в таких государственных программах, как Комплексная программа развития авиатранспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года [100] и Государственная программа «Развитие авиационной промышленности» [98]. Последняя из них была принята в 2014 году и</p>

¹³ Основные технологии, применяемые в разработке двигателя CJ1000, рассмотрены в разделе 4.1.

¹⁴ Перевод юаней в доллары осуществлялся по среднегодовому курсу за 2023 год.

Страна, наименование документа (ов)	Краткое описание государственных программ поддержки НИР и НИОКР
<p>актуализирована и продлена до 2030 года) [98], Комплексная программа развития авиационной отрасли Российской Федерации до 2030 года [99] (ранее – Комплексная программа развития авиатранспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года [100], 2022–2030), Государственная программа «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» (2019–2030) [101]</p>	<p>регулярно актуализировалась (последняя версия Программы от ноября 2022 года была продлена до 2030 года) [102].</p> <p>Цели программы «Развитие авиационной промышленности» направлены на защиту государственных интересов в области авиационной деятельности, повышение уровня транспортной доступности и связанности территорий Российской Федерации, авиационной безопасности, обеспечение устойчивого развития российской авиационной промышленности и воздушного транспорта, а также удовлетворение потребностей внутрироссийских перевозок за счет авиационной техники российского производства с достижением к 2030 году долей самолетов и вертолетов российского производства в парке крупнейших российских авиаперевозчиков не менее 50% и 90% соответственно. В рамках программы финансирование осуществляется по 4 направлениям: «Самолетостроение», «Вертолетостроение», «Авиационное двигателестроение», «Комплексное развитие отрасли». На поддержку направления «Авиационное двигателестроение» на период 2023–2025 гг. выделено 2 653 673,7 тыс. рублей [98]. В целом на развитие авиационной отрасли в 2024–2026 годах в рамках программы планируется направить 107,9 млрд рублей [103].</p> <p>В связи с динамично меняющимися факторами, в первую очередь связанными с внешними поставками в авиастроении, в августе 2023 года также была актуализирована Комплексная программа развития авиатранспортной отрасли [99]. Основные изменения коснулись объемов авиационной техники, силовых установок, агрегатов и систем для обеспечения производства гражданской авиационной техники. Также изменилось название программы – Комплексная программа развития авиационной отрасли Российской Федерации до 2030 года. Данная программа реализуется в целях обеспечения авиатранспортной связанности регионов страны и мобильности населения, поддержания необходимого уровня безопасности полетов и обеспечения технологического суверенитета в авиатранспортной отрасли Российской Федерации.</p> <p>Существенное финансирование НИР и НИОКР приходится на государственную программу «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» на период 2019–2030 годы [101]. Поддержка авиационной отрасли, включая авиационное двигателестроение, осуществляется в рамках федеральных и ведомственных проектов и комплексных процессных мероприятий, являющихся частью этой программы. Общий объем ассигнований программы в 2022 году составил 518,1 млрд руб. [104]</p> <p>НИР и НИОКР с промышленными компаниями в области авиационных двигателей реализуются в том числе в рамках Программы поддержки Центров компетенций Национальной технологической инициативы (НТИ) [105], деятельности Научных центров мирового уровня [106], федерального проекта «Передовые инженерные школы» [107].</p> <p>Так, например, на базе Пермского национального исследовательского политехнического университета создана Передовая инженерная школа «Высшая школа авиационного двигателестроения», которая реализует совместные проекты с предприятиями АО «ОДК» [108].</p> <p>Также в рамках Передовой инженерной школы «Цифровой инжиниринг» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ) ведутся исследовательские работы по разработке и внедрению технологии создания цифровых двойников газотурбинных двигателей</p>

Страна, наименование документа (ов)	Краткое описание государственных программ поддержки НИР и НИОКР
	<p>авиационного, морского и наземного назначения на предприятия АО «ОДК» [109].</p> <p>С учетом целей и задач государственных программ, а также иных нормативных документов в данной области, реализуются научные исследования, финансируемые в том числе за счет грантов Российского научного фонда (РНФ) и Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ). Согласно данным Единой государственной информационной системы учета научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (система ЕГИСУ НИОКТР), за период 2016–2022 годов в области авиастроения РФФИ было поддержано 48 проектов, а РНФ – 19 проектов. Кроме того, за этот же период 55 проектов были профинансированы за счет средств Фонда содействия инновациям (ФСИ) [110].</p> <p>В целях развития национального потенциала в области производства, применения и экспорта водорода, а также вхождения России в число стран-лидеров в этой отрасли, в 2021 году была принята Концепция развития водородной энергетики [111], годом ранее был утвержден план мероприятий «Развития водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 г.» [112]. В 2023 году Межведомственной рабочей группой по развитию водородной энергетики в Российской Федерации (правительство РФ совместно с ПАО «Газпром» и ГК «Росатом») была утверждена «дорожная карта» развития высокотехнологичного направления «Водородная энергетика» на период до 2030 года [113]. В рамках плана мероприятий и дорожной карты предусмотрен ряд проектов, направленных в том числе на разработку, изготовление и применение установок по производству водорода без выбросов углекислого газа, разработку технологий получения, транспортировки и хранения водорода и апробация его применения в газовых энергетических установках и др.</p> <p>С целью формирования в России новой отрасли экономики, связанной с созданием и использованием гражданских беспилотников, в июне 2023 года была утверждена Стратегия развития беспилотной авиации до 2030 года и на перспективу до 2035 года [114]. В августе 2023 года был утвержден национальный проект «Беспилотные авиационные системы» и пять федеральных проектов, входящих в состав нацпроекта [115]. Согласно данным открытых источников, на реализацию национального проекта в 2024–2026 годы предусмотрено финансирование в размере 67,6 млрд. рублей [116].</p> <p>В течение 2024–2025 годов планируется создание 8 научно-производственных центров БПЛА [117]. В настоящий момент в России созданы два таких центра – Федеральный центр беспилотных авиационных систем [118] и Научно-производственный центр (НПЦ) гражданских беспилотных авиационных систем (БАС) Самарской области [119].</p> <p>В рамках содействия реализации Стратегии развития беспилотной авиации до 2030 года и национального проекта «Беспилотные авиационные системы» в декабре 2023 года между компаниями малого и среднего бизнеса, связанным с производством беспилотных авиационных систем, было заключено соглашение о создании научно-производственного кластера беспилотных технологий в Санкт-Петербурге. В рамках кластера будут реализованы проекты по развитию данной отрасли. Предполагается, что участники кластера станут потенциальными резидентами Научно-производственного центра в сфере беспилотных авиационных систем [120].</p>

Страна, наименование документа (ов)	Краткое описание государственных программ поддержки НИР и НИОКР
	<p>Также в целях развития беспилотной авиации в декабре 2022 года был создан Фонд суверенных технологий (ФСТ) в виде инвестиционного товарищества. Размер инвестиционных обязательств ФСТ составляет 6,4 млрд рублей. Беспилотная авиация является одним из приоритетных направлений ФСТ наряду с такими направлениями, как биотехнологии, космос, микро- и радиоэлектроника, технологии беспроводной связи и другие. Ожидается, что в 2024 году ФСТ будут поддержаны 6 проектов, связанных с беспилотными авиационными системами, среди которых: конвертопланы, энергоустановки для дронов и технологии 3D-печати для прототипирования [121].</p>
<p>Индия</p> <p>Схема развития инфраструктуры для испытаний оборонной продукции (Defence Testing Infrastructure Scheme, DTIS, утверждена в 2020 году) [122; 123],</p> <p>Схема стимулирования производства дронов и их компонентов¹⁵ (Production-Linked Incentive (PLI) scheme for drones and drone components, PLI scheme, утверждена в 2021 году) [125]</p>	<p>В Индии государственная поддержка на разработку авиационных двигателей и двигателей БПЛА реализуется в формате схем стимулирования развития отраслей (оборонная промышленность, беспилотная авиация). В настоящее время актуальные государственные программы поддержки НИОКР находятся в стадии формирования и обсуждения.</p> <p>В 2016 году при финансовой поддержке Организации оборонных исследований и разработок (Defence Research and Development Organisation, DRDO) на базе Индийского технологического института Бомбей (Indian Institute of Technology Bombay, IIT Bombay) был создан Центр двигательных технологий (Centre of Propulsion Technology, CoPT) [126], деятельность которого направлена на проведение фундаментальных и прикладных исследований в областях, связанных с аэродинамическим проектированием и анализом характеристик различных компонентов авиадвигателей; подготовку квалифицированных кадров (магистров, аспирантов, докторов наук и постдоков), работающих в различных направлениях авиадвигателестроения. Создание такого центра способствует достижению самодостаточности Индии в области разработки газотурбинных двигателей, гиперзвуковых аппаратов и ракетных двигателей. Впоследствии данный центр вошел в перечень 15 Центров передового опыта DRDO (DIA-CoEs) [127].</p> <p>Также для стимулирования развития оборонного и аэрокосмического производства (микро-, малых и средних предприятий) под эгидой Министерства обороны Индии принята Схема развития инфраструктуры для испытаний оборонной продукции (Defence Testing Infrastructure Scheme, DTIS). На период до 2025 года выделено финансирование в объеме 400 крор рупий (47,9 млн долл.) компаниям и стартапам на создание современной инфраструктуры проведения испытаний (центров тестирования и сертификации) для оборонной и аэрокосмической отраслей [123]. Кроме того, в Индии разработана схема поддержки проектов малого и среднего бизнеса и стартапов по проектированию, разработке и производству оборонной</p>

¹⁵ С 2020 года Центральное правительство предлагает схемы стимулирования производства (PLI) для отраслей, имеющих стратегическое и экономическое значение. Эти схемы направлены на стимулирование крупномасштабного производства в Индии, обеспечивая при этом создание рабочих мест для большого числа людей. В рамках этих схем одобренным заявителям предоставляются денежные стимулы, эквивалентный фиксированный процент от объема продаж производимой продукции. Размер и срок действия стимулов зависят от сектора экономики и определяются соответствующим министерством. Эти схемы могут быть продлены по усмотрению соответствующего министерства. На сегодняшний день были объявлены схемы PLI для фармацевтической отрасли, текстильной промышленности, электроники, автомобилестроения и других [124].

Страна, наименование документа (ов)	Краткое описание государственных программ поддержки НИР и НИОКР
	<p>техники «Инновации для превосходства оборонной промышленности» (Innovations For Defence Excellence, iDEX), объем финансирования которой составляет 220 млрд долл. до 2026 года [128]. Отчасти в рамках этой Схемы финансируются проекты в области авиадвигателестроения и беспилотной авиации [129].</p> <p>В 2021 году Министерство гражданской авиации Индии (Ministry of Civil Aviation, MoCA) утвердило схему стимулирования производства (PLI) дронов и их компонентов (Production-Linked Incentive (PLI) scheme for drones and drone components). Одной из важных мер стимулирования PLI является компенсация компаниям 20% от объема расходов на производство БПЛА и их компонентов (сохраняется на протяжении трех лет), что отличает данную схему стимулирования производства от других схем, разработанных для остальных отраслей, где компенсация существенно ниже. Государственная поддержка схемы PLI составляет 1,2 млрд индийских рупий (16,32 млн долл.) на три финансовых года (до 2024 года) [130], в первый 2022–2023 год финансирование получили 23 организации, 11 из которых являются производителями компонентов для дронов [131]. Ожидается, что благодаря этим мерам Индия достигнет статуса глобального центра производства дронов к 2030 году [125].</p> <p>С 2022 года в Индии ведется работа по формированию дорожной карты экосистемы авиадвигателестроения с привлечением экспертного сообщества (исследовательские институты, частные и государственные профильные компании, представители государственного сектора). Среди рекомендуемых мер упоминается пересмотр текущей модели разработки двигателей (основанной на государственном участии) и переход к формированию консорциума с представительством и государственным сектором, частным сектором, научными кругами и эксплуатантами. Также для осуществления руководства национальными проектами рекомендовано создать Национальную комиссию по разработке авиационных двигателей (National Commission for Aero Engine Development, NCAED), которая будет осуществлять управление планированием, проектированием и разработкой, производством, сертификацией и финансированием, а также запасными частями и материалами [132].</p>
<p>Бразилия Инвестиционная программа развития инноваций и технологий в аэрокосмическом секторе (Investment program for the development of innovation and technology in the aerospace sector, объявлена в мае 2023 года) [133]</p>	<p>В Бразилии государственная поддержка научных исследований осуществляется через агентства развития и научно-исследовательские центры как на федеральном, так и на региональном уровне. Одной из ключевых организаций поддержки инноваций является Национальный фонд научного и технологического развития (National Fund for Scientific and Technological Development, FNDCT), бюджет которого формируется из федеральных налоговых поступлений и вложений от некоторых секторов экономики [134].</p> <p>Среди актуальных государственных мер поддержки авиакосмической отрасли можно выделить инвестиционную программу развития технологий в аэрокосмической промышленности, которую Правительство Бразилии инициировало в мае 2023 года. Бразильское агентство по финансированию исследований и проектов (Funding Authority for Studies and Projects, FINEP – исполнительный секретариат, управляет денежными средствами FNDCT) инвестировало 360 млн реалов (72 млн долл.) в развитие авиационных технологий, в том числе технологий автоматизации и электрификации в авиастроении, создание оптического спутника высокой точности для мониторинга и наблюдения за природными ресурсами [135].</p>

Страна, наименование документа (ов)	Краткое описание государственных программ поддержки НИР и НИОКР
	<p>Также FINEP финансирует проекты в области беспилотных летательных аппаратов, включая двигатели для них. Так, в 2023 году агентством FINEP было направлено 20 млн реалов (4 млн долл.¹⁶) на разработку инновационного электрического беспилотного летательного аппарата с гибридным двигателем на основе водорода и возможностью вертикального взлета и посадки (eVTOL) [136]. Кроме того, при поддержке FINEP была образована национальная компания, разрабатывающая мультироторные дроны с применением только локальных технологий [137].</p> <p>Одним из примеров государственной поддержки на региональном уровне можно привести Исследовательский фонд Сан-Паулу (The São Paulo Research Foundation, FAPESP), образованный в 1962 году. Фонд поддерживает исследовательские проекты в высших учебных заведениях и исследовательских учреждениях во всех областях знаний. Финансирование фонда осуществляется налогоплательщиками штата Сан-Паулу, конституция которого устанавливает, что 1% всех налогов штата принадлежит фонду, и правительство ежемесячно перечисляет эти средства [138].</p> <p>В 2023 году в рамках партнерства фонда FAPESP и бразильской авиастроительной компании Embraer в Технологическом институте авиастроения (Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA) был открыт Инжиниринговый центр воздушной мобильности будущего (Engineering Center for Aerial Mobility of the Future, ERC-AMF) [139; 140]. Центр осуществляет исследования по пяти направлениям: системы управления электрическими двигателями; интеграция силовых установок в электрические самолеты; разработка методов принятия решений для автономных систем; усовершенствованное проектирование для аддитивного производства металлами; окончательная сборка самолета с помощью коллаборативных роботов. Общий объем инвестиций на развитие Центра до 2027 года составляет 48 млн реалов (9,8 млн долл.) [139; 141].</p> <p>Среди актуальных проектов фонда FAPESP в области авиадвигателестроения реализуются проекты по разработке многотопливного поршневого двигателя с непрерывным горением [142], проводится численное и экспериментальное исследование горения топлива (изменение конфигурации камеры сгорания) [143].</p>
<p>ЮАР Инициатива поддержки аэрокосмической промышленности (Aerospace Industry Support Initiative, AISI, 2006 – настоящее время) [144], Водородная стратегия (Hydrogen Society Roadmap 2022–2050) [145]</p>	<p>С 2006 года в ЮАР реализуется Инициатива поддержки аэрокосмической промышленности (Aerospace Industry Support Initiative, AISI) [144] Министерства торговли, промышленности и конкуренции (Department of Trade, Industry and Competition), координацию которой осуществляет Совет по научным и промышленным исследованиям (Council for Scientific and Industrial Research, CSIR) [146].</p> <p>Среди актуальных разработок CSIR можно выделить проект беспилотного летательного аппарата с водородным двигателем, реализуемый с 2022 года в рамках достижения целей по декарбонизации авиации в Южной Африке [147], зафиксированных в дорожной карте «Hydrogen Society Roadmap» [148] Министерства науки и инноваций. В рамках проекта осуществляется разработка, демонстрация и испытания интегрированной бортовой силовой установки на водородных топливных элементах для БПЛА. Двигатель и БПЛА, оптимизированный для работы на водороде, будут</p>

¹⁶ Перевод бразильских реалов в доллары осуществлялся по среднегодовому курсу за 2023 год.

Страна, наименование документа (ов)	Краткое описание государственных программ поддержки НИР и НИОКР
	<p>переданы местным предприятиям для сертификации, производства и коммерциализации. Летательный аппарат будет предназначен как для гражданского, так и для военного применения, включая длительное патрулирование, мониторинг и наблюдение на больших расстояниях, с реконфигурируемым отсеком полезной нагрузки – до 5 кг, сроком службы более 10 часов, максимальной высотой полета – около 5 000 метров. Разработка БПЛА ведется для эксплуатации в сложных условиях [147].</p> <p>Также благодаря финансированию в рамках AISI компании Cape Aerospace Technologies (CAT) совместно с CSIR и Университетом Стелленбос (Stellenbosch University) удалось разработать турбореактивные двигатели CAT 250, CAT 400 и программное обеспечение для их управления [149]</p>

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам сайтов государственных органов власти рассматриваемых стран и открытых источников, 2023

В рассматриваемых государствах регулирование научных исследований и разработок в области авиадвигателестроения осуществляется преимущественно в рамках авиационной политики. Сектор беспилотной авиации и комплекующих, являясь частью авиационной политики, выделяется в самостоятельное направление. Государственная поддержка разработки авиационных двигателей и двигателей БПЛА осуществляется в формате грантового финансирования, субсидий или частного государственного инвестирования в проекты в рамках единых программ развития аэрокосмической отрасли (например, в ЮАР) и специализированных программ, сфокусированных только на поддержке аэрокосмической / авиационной отрасли или только на поддержке беспилотной авиации (например, в США, ЕС, России).

Кроме того, развитие данных направлений является приоритетом в рамках международного сотрудничества, например, между странами-участницами БРИКС. Так, в области авиадвигателестроения исследователями трех научных центров: ЦАГИ (Россия), Института аэродинамических исследований AVIC (ARI, Китай) и Федерального университета штата Санта-Катарина (UFSC, Бразилия), были проведены исследования аэродинамического шума авиационного двигателя (проект Installed Engine Noise Attenuation, IENA). Одним из результатов работ, представленных российской стороной, стал инструментарий, позволяющий получать более подробную информацию, необходимую для разработки методов снижения шума самолета. В ходе исследования удалось измерить азимутальную структуру звукового поля, излучаемого системой «струя – крыло» [150].

Также актуальным примером сотрудничества стран-участниц БРИКС, а именно России и Китая, может являться создание совместного Фонда развития гражданской авиационной промышленности с объемом в 100 млрд руб. для инвестиций в авиационные предприятия двух стран. О создании фонда было заявлено Российским фондом прямых инвестиций (РФПИ) в октябре 2023 года в рамках визита президента России Владимира Путина в Пекин (КНР) [151]

Государственные программы рассматриваемых стран отражают намеченный ранее курс на повышение экологичности авиационного транспорта и постепенную декарбонизацию авиационной отрасли, формируя приоритетные направления исследований и разработок.

В программах поддержки существенное внимание уделяется разработкам самолетов с гибридными, электрическими и водородными двигателями. Согласно данным исследования Roland Berger, совокупно с 2009 по 2022 год в мире насчитывалось около 300 проектов по разработке более экологичных самолетов с полностью электрическими, гибридными двигателями, включая проекты по созданию самолетов с водородными двигателями. Существенная часть таких проектов (84%) реализуется в США и Европе [152].

Политическая обстановка, связанная с международными конфликтами, также влияет на государственные приоритеты в области развития авиации, включая беспилотную авиацию. Важными приоритетами становится достижение технологического суверенитета в рассматриваемых областях, а также обеспечение безопасности территории страны. Помимо поддержки разработок БПЛА и комплектов для них, в рамках государственных программ уделяется внимание проектам, направленным на обеспечение безопасности воздушного пространства (в том числе отражение атаки БПЛА). Данные приоритеты зафиксированы преимущественно в программах США, Великобритании и ЕС. Конкуренция в области военной беспилотной авиации между Китаем и США побудила последнюю начать разработку специальной инициативы «Репликатор» (Replicator Initiative) [68], целью которой является достижение лидирующих позиций США на мировом рынке военной беспилотной авиации.

Также существенное внимание в государственных программах уделяется развитию нормативно-правового регулирования деятельности в области беспилотной авиации, включая управление БПЛА в различных условиях (доставка в отдаленные районы медикаментов, мониторинг территорий, применение в чрезвычайных ситуациях), а также реализации образовательных программ и формированию компетентных кадров в данной области.

Таким образом несмотря на то, что рассматриваемые стратегические документы отражают специфику стран, тем не менее в данных документах прослеживается сходство в видении направлений глобального развития авиации, беспилотной авиации (экологичность авиации, технологический суверенитет, безопасность воздушного пространства, нормативно-правовое регулирование и др.), что соответственно влияет на формирование приоритетов в области исследований и разработок авиационных двигателей и двигателей БПЛА.

2.4. Национальный и международный нормативно-технический ландшафт

Авиационная отрасль – одна из самых строго регламентированных отраслей, в рамках которой деятельность всех участников рынка должна сопровождаться выполнением ряда авиационных правил и требований нормативно-технической документации. В данном разделе рассмотрена деятельность зарубежных и отечественных организаций, осуществляющих нормативно-техническое регулирование в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов.

В рамках анализа международного нормативно-технического ландшафта была рассмотрена деятельность зарубежных организаций и международных объединений ряда стран: США, Канада, Швейцария, Великобритания, Германия, Франция, Бельгия, а также стран, входящих в межгосударственное объединение БРИКС (Бразилия, Индия, Китай, ЮАР¹⁷). Так, были рассмотрены следующие организации и зарубежные национальные органы:

- Американский национальный институт стандартов (American National Standards Institute, ANSI);
- Американское общество инженеров-механиков (American Society of Mechanical Engineers, ASME);
- Американский институт аэронавтики и астронавтики США (American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA);
- Американское общество испытаний и материалов (American Society for Testing and Materials, ASTM);
- Общество автомобильных инженеров (Society of Automotive Engineers, SAE);
- Федеральное управление гражданской авиации США (Federal Aviation Administration, FAA);
- Международная организация гражданской авиации (International Civil Aviation Organization, ICAO);
- Международная ассоциация воздушного транспорта (International Air Transport Association, IATA);
- Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO);
- Британский институт стандартов (British Standards Institution, BSI);
- Немецкий институт по стандартизации (Deutsches Institut für Normung e.V. / German Institute for Standardization, DIN);
- Французская ассоциация по стандартизации (Association Française de Normalisation / French Standardization Association, AFNOR);
- Европейский комитет по стандартизации (Comité Européen de Normalisation / European Committee for Standardization, CEN);
- Управление стандартизацией Китая (Guobiao Standards / Standardization Administration of China, GB, SAC);
- Бюро индийских стандартов (Bureau of Indian Standards, BIS);
- Бразильская национальная организация по стандартизации (Associação Brasileira de Normas Técnicas / Brazilian National Standards Organization, ABNT).

Кроме того, рассмотрена деятельность Российской Федерации в области нормативно-технического регулирования рассматриваемой отрасли. Также упомянуты некоторые инициативы, в рамках которых предлагается внедрение новых технологий в целях снижения воздействия на окружающую среду [153; 154]. Результаты анализа представлены в таблице (Таблица 5).

¹⁷ В открытых интернет-источниках не представлена информация о деятельности институтов стандартизации ЮАР в области авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов.

Таблица 5. Описание деятельности организаций по стандартизации в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов¹⁸

Название организации	Описание деятельности организации, принятых стандартов и нормативных документов
Соединенные Штаты Америки	
<p>Американский национальный институт стандартов (American National Standards Institute, ANSI)</p>	<p>В 2017 году ANSI запустил инициативу по стандартизации в области беспилотных авиационных систем (Unmanned Aircraft Systems Standardization Collaborative, UASSC) [155; 156]. UASSC был создан для координации и ускорения разработки стандартов и программ оценки соответствия, необходимых для содействия безопасной интеграции беспилотных авиационных систем (БАС) в систему воздушного пространства США (National Airspace System, NAS).</p> <p>В 2018 году ANSI утвердил дорожную карту по стандартизации в области БАС (Standardization Roadmap for Unmanned Aircraft Systems, Version 1.0), которая была актуализирована в 2020 году (Version 2.0). Дорожная карта направлена на развитие стандартизации в приоритетных областях беспилотной авиации, в число которых входят летная годность, обеспечение полетов, обучение, квалификация и сертификация персонала, управление инфраструктурой, экологические аспекты, коммерческие услуги, безопасность в процессе эксплуатации, безопасность общества.</p> <p>Документ также включает краткий обзор деятельности организаций США, заинтересованных в развитии стандартизации в отрасли БАС, среди них – FAA, NATO, NASA, NIST, ASME, IEEE [157–159], ISO, SAE и др. В частности, приводится перечень действующих стандартов в области регулирования беспилотной авиации и двигателей беспилотных летательных аппаратов в разрезе организаций.</p> <p>Так, анализ действующих стандартов показал, что, несмотря на имеющийся нормативно-технический задел, требуется разработка стандартов для регулирования источников энергии БПЛА, указана высокая приоритетность данного направления и отмечается проводимая активная работа. Кроме того, отдельный блок уделен вопросам авиационного топлива и выбросам вредных веществ, а также уровню авиационного шума при эксплуатации БПЛА. Приоритетность данного направления также отмечена как высокая, однако работы по состоянию на 2020 год не были начаты.</p> <p>В рамках основной деятельности ANSI можно также отметить опубликованные стандарты, связанные с общими характеристиками двигателей, например, в части контроля отдельных узлов двигателя [160–162].</p> <p>Помимо этого Национальная стратегия Правительства США в области стандартов для критически важных и новых технологий (United States Government National Standards Strategy For Critical And Emerging Technology), опубликованная в мае 2023 года, содержит описание направлений деятельности Правительства США в области стандартизации технологий, которые позволят повысить инновационный потенциал государства и обеспечат технологический прогресс [163]. Как отмечено в стратегии, на текущий момент активную деятельность по данному направлению ведут ANSI и Национальный институт стандартов и технологий США (National Institute of Standards and Technology, NIST).</p> <p>Критически важные и новые технологии, выделенные Правительством США в стратегии, включают коммуникационные и сетевые технологии; полупроводники и</p>

¹⁸ Международные организации, приведенные в таблице, указаны в блоке той страны, где находится штаб-квартира организации.

Название организации	Описание деятельности организации, принятых стандартов и нормативных документов
	<p>микроэлектронику, включая вычислительную технику; искусственный интеллект и машинное обучение; биотехнологии; сервисы позиционирования, навигации и синхронизации; цифровую идентификацию и технологии распределенных реестров; производство и хранение экологически чистой энергии; квантовые информационные технологии. Среди областей применения указанных технологий Правительство США выделяет электрифицированный и подключенный транспорт, включая беспилотные авиационные системы.</p>
<p>Американское общество инженеров-механиков (American Society of Mechanical Engineers, ASME)</p>	<p>ASME ведет регуляторную деятельность в области авиации и БПЛА, а также авиационных двигателей. Например, в 2013 году опубликован стандарт PTC 55–2013 (R2018) «Газотурбинные авиационные двигатели» (Gas Turbine Aircraft Engines), в котором рассмотрены вопросы проведения испытаний двигателя с целью измерения ряда характеристик [164; 165]. В области БПЛА опубликован стандарт, определяющий основные положения разработки, производства и эксплуатации БПЛА гражданского назначения [166; 167].</p>
<p>Американский институт аэронавтики и астронавтики США (American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA)</p>	<p>AIAA выделяет отдельное направление Propulsion and Energy, в рамках которого ведет разработку стандартов в области авиадвигателестроения [168]. Одна из рассматриваемых тематик – применение водорода в разной форме в авиации. В области БПЛА в 2004 году разработан стандарт AIAA R–103–2004 «Терминология для беспилотных летательных аппаратов и самолетов с дистанционным управлением» (Terminology for Unmanned Aerial Vehicles and Remotely Operated Aircraft), содержащий более 400 терминов и определений беспилотной авиации [169; 170].</p>
<p>Американское общество испытаний и материалов (American Society for Testing and Materials, ASTM)</p>	<p>ASTM ведет регуляторную деятельность по направлению авиации [171]. В структуре ASTM функционирует ряд комитетов, в частности:</p> <ul style="list-style-type: none"> • F07 «Авиакосмические аппараты и самолеты» (Aerospace and Aircraft) [172–175], регулирующий вопросы материаловедения для авиации, прочности материалов, применения водорода и др.; • F37 «Легкие спортивные самолеты» (Light Sport Aircraft) [176], регулирующий требования к конструкции, эксплуатационным характеристикам, испытаниям качества и мониторингу безопасности легких спортивных самолетов (LSA); • F38 «Беспилотные авиационные системы» (Unmanned Aircraft Systems) [177], регулирующий вопросы летной годности беспилотных летательных аппаратов, безопасности и надежности полетов, требования к персоналу, инфраструктуре БАС и пр.; • F39 «Системы самолетов» (Aircraft Systems) [178], регулирующий вопросы электрических систем самолета, их проектирования, производства и эксплуатации; • F44 «Самолеты авиации общего назначения» (General Aviation Aircraft) [179; 180], регулирующий вопросы терминологии, применяемых технологий, сертификации, летно-технических характеристик, безопасности, характеристик силовых установок и требований к ним (подкомитет F44.40 «Силовая установка» (Powerplant)) и пр. <p>Основные направления стандартов ASTM в области авиадвигателестроения – специфика проектирования отдельных узлов авиадвигателей и требования к ним [181–187], особенности эксплуатации двигателя с учетом топливных характеристик [188; 189], вопросы сертификации [190], безопасности [191] и летной годности [192], использование электрических двигателей в самолетах и аккумуляторах в БПЛА [193–196], требования к персоналу, в том числе в области</p>

Название организации	Описание деятельности организации, принятых стандартов и нормативных документов
	<p>обслуживания БПЛА [197], требования к применению чистящих средств для узлов авиадвигателей [198] и др.</p> <p>Отдельно стоит отметить опубликованный в 2023 году стандарт F3341/F3341M, регулирующий вопросы терминологии в области БАС [199].</p>
Общество автомобильных инженеров (Society of Automotive Engineers, SAE)	<p>В структуре SAE функционирует ряд комитетов (например, по вертолетным двигателям, по моделированию воздействия на окружающую среду, по электрооборудованию и пр.) [200], регулирующих область авиадвигателей и сопутствующих систем по следующим направлениям (преимущественно серии AIR (Aerospace Information Report) и ARP (Aerospace Recommended Practice)): терминология [201–203], системы подачи топлива [204–213], контроль авиационного шума и выбросов [214–218], вспомогательное оборудование, электрооборудование [219–222], аккумуляторы и батареи, материалы, составные элементы [223–231], оборудование для испытаний [232–235], управление состоянием двигателя [236–243], моделирование характеристик двигателя [244] и разработка программных систем [245], вопросы качества [246–249] и мониторинга [250; 251], др. [252–254]</p> <p>Также отдельно можно выделить деятельность комитета E-39 «Двигатели беспилотных самолетов» (Unmanned Aircraft Propulsion), координирующий вопросы двигателей внутреннего сгорания и электрических двигателей БПЛА [255]. По состоянию на конец 2023 года технический комитет опубликовал стандарт ARP6971 с рекомендациями по определению мощности поршневых двигателей БПЛА [256], в разработке находится стандарт для определения долговечности поршневых двигателей БПЛА [257; 258].</p>
Федеральное управление гражданской авиации США (Federal Aviation Administration, FAA)	<p>FAA осуществляет регуляторную деятельность в области контроля воздушного пространства [259]. Среди наиболее значимых нормативно-технических документов FAA в области авиадвигателестроения – FAR-33 «Федеральные авиационные правила. Часть 33 – Стандарты летной годности: авиационные двигатели» (Federal Aviation Regulations. Part 33 – Airworthiness standards: aircraft engines) [260; 261], FAR-34 «Федеральные авиационные правила. Часть 34 – Требования к самолетам с газотурбинными двигателями, относящиеся к выбросу топлива и эмиссии с выхлопными газами» (Federal Aviation Regulations. Part 34 – Fuel venting and exhaust emission requirements for turbine engine powered airplanes) [262; 263]. Схожие по структуре авиационные правила действуют в Канаде [264; 265].</p> <p>Кроме того, FAA осуществляет сертификацию беспилотных летательных аппаратов и отмечает значимость регулирования вопросов безопасности при использовании БПЛА [266].</p>
Канада	
Международная организация гражданской авиации (International Civil Aviation Organization, ICAO)	<p>ICAO является межправительственным специализированным учреждением ООН, созданным в 1944 году в целях обеспечения упорядоченного и регулируемого функционирования и развития мировой авиатранспортной системы [267; 268]. В рамках своей деятельности ICAO устанавливает международные стандарты и правила для государств, выполнение которых необходимо для обеспечения безопасности, регулярности и экономической эффективности международных воздушных сообщений, например, руководство о летной годности судов [269]. Также стоит отметить опубликованный в 2011 году Циркуляр 328 «Беспилотные авиационные системы (БАС)», в котором представлен подход ICAO к интеграции БАС в воздушное пространство и сформированы основные принципы применения БАС [270].</p> <p>В целях обеспечения безопасности эксплуатации БПЛА в ICAO разработали</p>

Название организации	Описание деятельности организации, принятых стандартов и нормативных документов
	<p>специальный инструмент UAS Toolkit, в рамках которого разрабатываются и распространяются авиационные правила и рекомендации по корректному и безопасному использованию БПЛА [271; 272]. Кроме того, на портале возможно ознакомление с локальными нормативно-правовыми актами в авиации, действующими в определенных государствах [273].</p> <p>Отдельное направление, регулируемое ICAO – оценка уровня выбросов и шума при эксплуатации воздушного судна, а также формирование соответствующих рекомендаций [274–279]. Например, ICAO регулярно публикует отчеты, в которых содержится анализ текущего состояния окружающей среды и перспективных технологий, применение которые способно снизить негативное воздействие авиации [280–292]. Для снижения выбросов и обеспечения экологической устойчивости авиации ICAO предлагает развитие ряда направлений, в частности, разработку и использование альтернативных видов топлива, электрификацию самолетов и др. [293]</p>
<p>Международная ассоциация воздушного транспорта (International Air Transport Association, IATA)</p>	<p>IATA наряду с ICAO активно участвует в формировании рекомендаций, направленных на обеспечение устойчивости авиации, развивает сотрудничество в данной области с национальными авиационными агентствами [294–297]. Особое внимание уделяется вопросам использования топлива и обслуживания двигателей [298–302].</p> <p>Также в 2019 году IATA опубликовала дорожную карту развития технологий для авиации на период до 2050 года (Aircraft Technology Roadmap to 2050) [303], в которой отмечает значимость и приводит рекомендации в части:</p> <ul style="list-style-type: none"> • работы в области снижения воздействия на окружающую среду, • исследований по разработке новых видов топлива, в том числе экологически чистого авиационного топлива (SAF), • создания гибридных и электрических самолетов, • применения новых материалов, • совершенствования аэродинамических характеристик за счет применения инструментов моделирования и др.
Швейцария	
<p>Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO)</p>	<p>В структуре ISO действует технический комитет ISO/TC 20 «Самолеты и космические аппараты» (Aircraft and space vehicles) [304; 305]. В состав ISO/TC 20 включено 11 подкомитетов по разным направлениям деятельности в области авиации, один из которых – ISO/TC 20/SC 16 «Беспилотные авиационные системы» (Unmanned aircraft systems) [306].</p> <p>Основные направления стандартов ISO/TC 20 – требования к отдельным узлам [307–311], особенности эксплуатации двигателя и соответствующие рекомендации для обеспечения безопасности и надежности [312–314], правила проведения испытаний [315], топливные характеристики [316–318] и др.</p> <p>В перечне стандартов по беспилотным авиационным системам, опубликованных подкомитетом ISO/TC 20/SC 16 [306], приведено 23 документа, среди которых, например, стандарт ISO 24352:2023, определяющий требования к электродвигателям и методам испытаний электродвигателей БПЛА [319]. Также приводится 10 стандартов подкомитета, находящихся в разработке.</p> <p>Направления стандартов ISO в области БПЛА – термины и определения, требования к проведению испытаний, вопросы управления и безопасности и др. Немаловажно, что в 2020 году опубликован стандарт ISO 21384-4:2020 «Беспилотные авиационные системы – Часть 4: Словарь» (Unmanned aircraft systems – Part 4:</p>

Название организации	Описание деятельности организации, принятых стандартов и нормативных документов
	<p>Vocabulary), в 2023 году началось обновление стандарта [320–322]. Аналогично ведется активная работа по обновлению стандарта ISO 21384–3:2023 «Беспилотные авиационные системы – Часть 3: Правила эксплуатации» (Unmanned aircraft systems – Part 3: Operational procedures), первая версия которого была представлена в 2019 году [323–325].</p> <p>Отдельно стоит отметить комитеты ISO/TC 70 «Двигатели внутреннего сгорания» (Internal combustion engines) [326] и ISO/TC 192 «Газовые турбины» (Gas turbines) [327; 328], деятельность которых регулирует общие требования и характеристики двигателей внутреннего сгорания и газовых турбин, которые могут быть применимы также к авиационным двигателям.</p> <p>Также в рамках Международной системы классификации технических стандартов (International Classification for Standards, ICS) в блоке 49 «Инжиниринг самолетов и космических аппаратов» (Aircraft and space vehicle engineering) [329] выделена отрасль 49.050 «Аэрокосмические двигатели и силовые установки, включая топливные системы» (Aerospace engines and propulsion systems including fuel systems) [330], в которой приведен стандарт ISO 45:1990, регулирующий вопросы подачи топлива в авиадвигатель [331].</p>
Великобритания	
<p>Британский институт стандартов (British Standards Institution, BSI)</p>	<p>BSI отмечает значительные преобразования транспортной отрасли, направленные на декарбонизацию и масштабирование цифровых технологий [332]. В целях обеспечения устойчивости авиации BSI разрабатывает регуляторную документацию для применения в области разработки аккумуляторов, экологически чистого авиационного топлива и альтернативных видов топлива [333]. В частности, BSI ссылается на стандарты:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ISO IWA 42:2022 «Руководящие принципы по достижению чистого нуля» (Net zero guidelines) [334; 335], • BSI PAS 2060 «Углеродная нейтральность» (Carbon Neutrality) [336; 337], • ISO 14064–1:2018 «Газы парниковые. Часть 1. Требования и руководство по количественному определению и отчетности о выбросах и поглощении парниковых газов на уровне организации» (Greenhouse gases. Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals) [338–340], <p>которые легли в основу разработанного BSI документа «Путь к чистому нулю» (Net Zero Pathway [341; 342]). Документ содержит цели, методологию, а также рекомендации по обеспечению углеродной нейтральности отраслей промышленности, в том числе авиации.</p> <p>Отдельно можно выделить серию стандартов BS 185 «Глоссарий аэронавигационных и астронавтических терминов» (Glossary of aeronautical and astronautical terms), опубликованных в 1970-е годы и формирующих терминологическое поле в области авиации. Например, стандарт BS 185–9–1970 данной серии регулирует вопросы терминологии в области двигателей с пропеллером [343; 344], стандарт BS 185–8:1970 содержит термины, относящиеся к области силовых установок (с акцентом на поршневые и реактивные двигатели, газовые турбины) [345].</p> <p>Также в 2020 году был опубликован стандарт BS ISO 21384–4:2020 по вопросам терминологии беспилотных авиационных систем, основанный на стандарте ISO [346]. В 2023 году началось обновление стандарта BS ISO 21384–4 «Беспилотные авиационные системы – Часть 4: Словарь» (Unmanned aircraft systems – Part 4: Vocabulary), соответствующее работе ISO по обновлению аналогичного стандарта [347].</p>

Название организации	Описание деятельности организации, принятых стандартов и нормативных документов
	<p>Также BSI опубликовал серию стандартов в области авиации (Aerospace series), среди которых можно выделить документы, регулирующие область двигателестроения по следующим направлениям: проектирование отдельных узлов и компонентов (включая обозначения на чертежах) [348–353], топливные системы для авиационных двигателей [354; 355] и двигателей БПЛА [356], специфика использования различных материалов [357] и др.</p> <p>Кроме того, BSI развивает серию стандартов AS/EN 9100, направленную на обеспечение менеджмента качества для авиакосмической отрасли [358; 359].</p>
Германия	
<p>Немецкий институт по стандартизации (Deutsches Institut für Normung e.V. / German Institute for Standardization, DIN)</p>	<p>В структуре DIN функционирует комитет по стандартизации в аэрокосмической отрасли (N-Normenausschuss Luft- und Raumf, NL), который регулирует национальные стандарты Германии [360] и представляет ее интересы в области стандартизации на европейском (CEN) [361] и международном (ISO) [362] уровнях по ряду направлений: БАС, материалы, технологические процессы, механические детали, электроника, качество и безопасность, защита окружающей среды и др. [363–370]</p> <p>В области БАС DIN ведет стандартизацию по общим положениям, включая вопросы терминологии и классификации [371; 372]; требования и рекомендации по эксплуатации, обучение персонала [373; 374]; управление геоданными и трафиком [375; 376] и др.</p> <p>Кроме того, стоит отметить участие DIN в разработке Дорожной карты по стандартизации в области водородных технологий (Standardization roadmap for hydrogen technologies) совместно с правительственными учреждениями Германии [377]. В перечне рабочих комитетов, участвующих в реализации дорожной карты, можно выделить комитет по авиации (WG Aviation) и комитет по топливным технологиям (WG Fuel Cells) [378]. Также сформировано две отдельных рабочих группы, деятельность которых направлена на стандартизацию методов испытаний для определения свойств материалов (металлов; композитов и пластиков) при воздействии водорода.</p> <p>DIN также отмечает важность работы в области достижения устойчивости и снижения воздействия на окружающую среду [379].</p>
Франция	
<p>Французская ассоциация по стандартизации (Association Française de Normalisation / French Standardization Association, AFNOR)</p>	<p>AFNOR участвует в международных объединениях по стандартизации и занимается распространением стандартов ряда организаций: ISO, IEC, ASTM, ASME, SAE, IEEE, BSI, DIN, а также стандартов Китая, Канады, Бразилии, Испании и др. [380]</p> <p>Кроме этого, AFNOR участвует в разработке стандартов ISO, DIN и других организаций и в дальнейшем адаптирует их под специфику государства [381; 382].</p>
Бельгия	
<p>Европейский комитет по стандартизации (Comite Européen de Normalisation / European Committee for Standardization, CEN)</p>	<p>В структуре CEN, функционирующей в сотрудничестве с CENELEC (Европейский комитет электротехнической стандартизации (Comite Européen de Normalisation Electrotechnique / European Committee for Electrotechnical Standardization), действует технический комитет CEN/TC 471 «Беспилотные авиационные системы» (Unmanned aircraft systems) [383]. В перечне стандартов технического комитета приводится 4 стандарта, находящихся в разработке и регулирующих вопросы функциональных требований к БПЛА и общих требований к компонентам БПЛА [384].</p> <p>Отдельно стоит отметить ASD–STAN (AeroSpace and Defence Industries Association</p>

Название организации	Описание деятельности организации, принятых стандартов и нормативных документов
	<p>of Europe) – ассоциированный орган CEN, деятельность которого направлена на нормативно-техническое регулирование аэрокосмической отрасли Европейского региона [385]. В структуре ASD–STAN действует 13 подкомитетов, регулирующих общие, системные, космические, электрические, механические направления, вопросы качества, безопасности, защиты окружающей среды, применение цифровых технологий, материалы, авиационные двигатели и др. [386]</p> <p>В подкомитете ASD–STAN/D 8 «Авиационные двигатели и технологии» (Aero engines and technologies) приведены стандарты на использование маркировки для обозначения элементов двигателя на чертежах, идентичные стандартам BSI [387–390]. ASD–STAN также активно сотрудничает с DIN, ISO, SAE и др. [385; 391]</p>
Китай	
<p>Управление стандартизацией Китая (Guobiao Standards / Standardization Administration of China, GB, SAC)</p>	<p>В структуре GB действует технический комитет по стандартизации TC435 «Национальный технический комитет по стандартизации воздушных судов» (<i>Цюаньго ханкунци бяочжуньхуа цзишу вэйюаньхуэй, 全国航空器标准化技术委员会</i>), к деятельности которого относятся следующие направления: силовые установки, топливная система, гидравлическая система, электрическая система, авионика, система управления полетом, система экологического контроля, система жизнеобеспечения, оборудование кабины, вопросы грузоподъемности, материалы, детали, оборудование и др. [392] Все указанные направления рассматривают применительно к гражданским самолетам, вертолетам, БПЛА и другим летательным аппаратам.</p> <p>В структуре комитета функционирует 3 подкомитета: TC435/SC1 по беспилотным авиационным системам (<i>Цюаньго ханкунци бяочжуньхуа цзишу вэйюаньхуэй Ужэнь цзяши ханкунци ситун фэнь цзишу вэйюаньхуэй, 全国航空器标准化技术委员会无人驾驶航空器系统分技术委员会</i>) [393], TC435/SC2 по полетам (<i>Цюаньго ханкунци бяочжуньхуа цзишу вэйюаньхуэй Фукунци фэнь цзишу вэйюаньхуэй, 全国航空器标准化技术委员会浮空器分技术委员会</i>) [394], TC435/SC3 по управлению авиационными данными (<i>Цюаньго ханкунци бяочжуньхуа цзишу вэйюаньхуэй Ханкунци шуцзюй диньйи юй гуаньли фэнь цзишу вэйюаньхуэй, 全国航空器标准化技术委员会航空器数据定义与管理分技术委员会</i>) [395].</p> <p>В перечне утвержденных комитетом стандартов приведено 134 документа по следующим вопросам: общие требования и технические характеристики БПЛА [396], требования к безопасности, требования к материалам поверхностей, требования к системе управления, рекомендации по обслуживанию, терминология (например, стандарт GB/T 38152–2019 «Терминология в области беспилотных авиационных систем» [397]) и классификация, общие положения и описание отдельных узлов, обучение персонала, требования к испытаниям и экологичности, особенности моделирования [398] конструкций и цифровизации процессов и пр. Кроме того, приводится 35 стандартов, находящихся в разработке, по вопросам проведения испытаний, безопасности БПЛА и пр.</p> <p>Также в структуре GB действуют технические комитеты TC396 по вопросам топливных систем (<i>Цюаньго жаньляо пэньшэ ситун бяочжуньхуа цзишу вэйюаньхуэй, 全国燃料喷射系统标准化技术委员会</i>) [399], TC464 по управлению воздушным транспортом (<i>Цюаньго ханкун юньшу бяочжуньхуа цзишу вэйюаньхуэй, 全国航空运输标准化技术委员会</i>), включая вопросы безопасности и правила осуществления авиаперевозок [400] и др. [401]</p> <p>Стоит отметить, что в государственной программе «Сделано в Китае 2025» среди приоритетных направлений указано развитие нормативно-правового пространства и ускорение разработки законов и нормативно-технических актов в целях</p>

Название организации	Описание деятельности организации, принятых стандартов и нормативных документов
	<p>содействия развитию авиационной промышленности, в том числе для разработки и применения беспилотных летательных аппаратов, а также формирование технических условий для обеспечения летной годности летательных аппаратов и сертификации [402; 403]. В частности, была отмечена значимость сотрудничества с органами гражданской авиации США и стран Европейского союза.</p>
Индия	
<p>Бюро индийских стандартов (Bureau of Indian Standards, BIS)</p>	<p>В структуре BIS действует технический комитет TED 14 «Летательные и космические аппараты» (Air and Space Vehicles), область деятельности – стандартизация по вопросам систем, компонентов, методов испытаний, требований к характеристикам самолетов и космических аппаратов, авиационного электрического и вспомогательного оборудования и др. Кроме того, комитет координирует взаимодействие с техническими комитетами ISO/TC 20 «Самолеты и космические аппараты» и ISO/TC 192 «Газовые турбины» [404]. В перечне стандартов комитета приведены документы, определяющие терминологию, требования к узлам и системам, в том числе электронике, требования к проведению испытаний и сертификации, требования к безопасности, системе менеджмента качества, экологичности, специфику применения разных материалов для отдельных узлов и др. [405]</p> <p>В комитете TED 14 функционирует подкомитет TED 14:1 «Системы беспилотных летательных аппаратов» (UAV Systems). Например, опубликован стандарт IS 18381 (часть 1): 2023 «Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) – Общие требования. Часть 1. Применение, отличное от военных целей» (Unmanned Aerial Vehicles (UAV) – General Requirements. Part 1. Applications Other Than Military Purposes) [406].</p> <p>Также BIS приводит ряд стандартов, находящихся на стадии разработки [407], например:</p> <ul style="list-style-type: none"> • стандарт TED 14 (16888) «Беспилотные летательные аппараты – Требования к испытанию подсистем» (Unmanned Aerial Vehicles – Testing Requirements of Subsystems) [405], • стандарт TED 14 (16194) «Беспилотные авиационные системы – Кибербезопасность» (Unmanned Aircraft Systems – Cybersecurity), • а также проекты обновленных стандартов в части терминологии (обновление запланировано взамен принятых в 1970–1980-е годы стандартов серии IS 7879 «Глоссарий аэронавигационных и астронавтических терминов» (Glossary of aeronautical and astronautical terms), аналогичной одноименной серии BS 185). <p>Также в структуре BIS действует технический комитет TED 32 «Беспилотные летательные аппараты» (Unmanned Aerial Vehicles), в рамках которого выделено 8 рабочих групп: общая информация, производство и техническое обслуживание продукции, процессы и эксплуатация, управление трафиком, проведение испытаний, обучение, кибербезопасность, страхование воздушного судна [408].</p> <p>Большинство стандартов BIS являются заимствованными, поскольку BIS входит в состав организаций-участников технического комитета ISO/TC 20 по авиации (наряду с AFNOR, DIN, ABNT, BSI, ANSI, Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии РФ и др.) [409].</p> <p>В 2022 году был опубликован стратегический план Индии по стандартизации на период до 2027 года, где были выделены направления по формированию устойчивости (средняя и высокая приоритетность работ) и внедрению передовых технологий (низкая приоритетность), в том числе цифрового инжиниринга, в целях совершенствования отраслей промышленности [410]. Также была отмечена</p>

Название организации	Описание деятельности организации, принятых стандартов и нормативных документов
	высокая приоритетность стандартизации для дронов, средняя приоритетность стандартизации в области разработки компонентов и проведения испытаний авиационных двигателей и использования новых материалов в авиации.
Бразилия	
Бразильская национальная организация по стандартизации (Associação Brasileira de Normas Técnicas / Brazilian National Standards Organization, ABNT)	В структуре ABNT действует технический комитет ABNT/CB-008 по стандартизации в области авиации и исследования космоса (Aeronáutica e Espaço) [411] по следующим направлениям: терминология, требования, методы испытаний и общие положения, касающиеся материалов, компонентов, оборудования, процессов проектирования, изготовления, оценки, технического обслуживания подсистем воздушных судов и космических аппаратов. Документы ABNT во многом заимствованы, поскольку ABNT входит в состав организаций-участников технического комитета ISO/TC 20 по авиации (наряду с AFNOR, DIN, BIS, BSI, ANSI, Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии РФ и др.) [409]. Также стоит отметить подкомитет ABNT 008:040.010 по регулированию беспилотных авиационных систем (Sistemas de Aeronaves não Tripuladas).
Российская Федерация	
Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт), Федеральные органы власти	<p>В России действует серия стандартов «Двигатели газотурбинные авиационные», в которой можно выделить:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ 23851-79 «Двигатели газотурбинные авиационные. Термины и определения» [412]; • ГОСТ 26382-84 «Двигатели газотурбинные гражданской авиации. Допустимые уровни вибрации и общие требования к контролю вибрации» [413]; • ГОСТ 17106-90 «Двигатели газотурбинные авиационные. Понятия, состав и контроль массы» [414]; • ГОСТ Р 58989-2020 «Двигатели газотурбинные авиационные. Неразрушающий контроль основных деталей. Общие требования» [415]; • ГОСТ Р 58993-2020 «Двигатели газотурбинные авиационные. Испытания по определению концентрации токсичных примесей в отбираемом от двигателя воздухе» [416] и др. <p>Также разработан ряд стандартов серии «Двигатели авиационные и их узлы»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ Р 53461-2009 «Двигатели авиационные и их узлы. Методы нумерации и описание направления вращения» [417]; • ГОСТ Р 53541-2009 «Авиационные двигатели и их узлы». Индексация параметров состояния воздуха (газа) по сечениям проточной части авиационных двигателей и связанных с ними газоздушных систем» [418]; • ГОСТ Р 56090-2014 «Двигатели авиационные и их составные части. Чистота промышленная особо ответственных элементов конструкции топливной, масляной и гидравлической систем авиационных двигателей. Термины и определения» [419]; • ГОСТ Р 56181-2014 «Двигатели авиационные и их составные части. Чистота промышленная. Методы очистки особо ответственных элементов конструкции авиационных двигателей. Общие технические требования» [420] и др.

Название организации	Описание деятельности организации, принятых стандартов и нормативных документов
	<p>Кроме того, действует ряд стандартов в авиации, направленных на контроль воздействия на окружающую среду и определение топливных характеристик, например:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ 17.2.2.04–86 «Охрана природы. Атмосфера. Двигатели газотурбинные самолетов гражданской авиации. Нормы и методы определения выбросов загрязняющих веществ» [421]; • ГОСТ 26820–86 «Установки силовые вспомогательные пассажирских и транспортных самолетов. Допускаемые уровни шума, создаваемого на местности, и методы их определения» [422]; • ГОСТ 22283–88 «Шум авиационный. Допустимые уровни шума на территории жилой застройки и методы его измерения» [423]; • ГОСТ 10227–2013 «Топливо для реактивных двигателей. Технические условия» [424]; • ГОСТ Р 52050–2020 «Топливо авиационное для газотурбинных двигателей ДЖЕТ А-1 (Jet A-1). Технические условия» [425] и др. <p>Стандартизация в области авиации проводится по вопросам требований к технологическому процессу [426], основным положениям создания авиационной техники [427], турбин авиационных двигателей [428], испытаний лопаток на выносливость [429], испытаний материалов на усталость [430], пр. [431]</p> <p>Регулирование авиации общего назначения также осуществляется в рамках ряда принятых нормативно-правовых документов, в числе которых: Воздушный кодекс Российской Федерации [432], Федеральный закон от 09.02.2007 № 16-ФЗ «О транспортной безопасности», Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации (в том числе беспилотными летательными аппаратами) [433], Федеральные авиационные правила (например, правила о поддержании летной годности [434–437], правила об охране окружающей среды [263]), акты Федерального агентства воздушного транспорта (Росавиация), акты Президента и Правительства Российской Федерации, международные нормы [269; 438–440] и др. [441–447] Среди основных областей регулирования авиации – порядок разработки и эксплуатации авиационной техники, нормы летной годности, вопросы сертификации, безопасности, воздействия на окружающую среду.</p> <p>Особое внимание следует уделить сертификации, упомянутой в разделе 2.3. Важной составляющей при создании авиационного двигателя выступает процедура сертификации, которая приобретает особую значимость в связи с необходимостью реализации стратегических программ импортозамещения [448]. В 2019 году в России утвердили Федеральные авиационные правила «Сертификация авиационной техники, организаций разработчиков и изготовителей. Часть 21», в соответствии с которыми реализуется проведение обязательной сертификации гражданских воздушных судов и двигателей, винтов, беспилотных авиационных систем и другого оборудования, порядок получения сертификата о соответствии требованиям, порядок взаимодействия участников процесса сертификации и пр. [449; 450]</p> <p>В начале 2023 года заявлено начало работы по формированию системы стандартизации в области беспилотных авиационных систем, в рамках которой запланирована разработка Перспективной программы стандартизации беспилотных авиационных систем на период 2023–2027 годов [451; 452]. При этом особо подчеркивается, что по инициативе России в 2013 году был сформирован технический подкомитет по стандартизации в области беспилотной авиации в структуре Международной организации по стандартизации (ISO).</p> <p>В области беспилотной авиации утверждены следующие национальные</p>

Название организации	Описание деятельности организации, принятых стандартов и нормативных документов
	<p>стандарты [453]:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ Р 56122–2014 «Воздушный транспорт. Беспилотные авиационные системы. Общие требования» [454]; • ГОСТ Р 57258–2016 «Системы беспилотные авиационные. Термины и определения» [455]; • ГОСТ Р 58988–2020 «Беспилотные авиационные системы. Технологии топливных элементов на воздушном транспорте. Термины и определения» [456]; • ГОСТ Р 59169–2020 «Строительные работы и типовые технологические процессы. Применение беспилотных воздушных судов при выполнении земляных работ. Общие требования» [457]; • ГОСТ Р 59517–2021 «Беспилотные авиационные системы. Классификация и категоризация» [458]; • ГОСТ Р 59518–2021 «Беспилотные авиационные системы. Порядок разработки» [459]; • ГОСТ Р 59519–2021 «Беспилотные авиационные системы. Компоненты беспилотных авиационных систем. Спецификация и общие технические требования» [460]; • ГОСТ Р 59520–2021 «Беспилотные авиационные системы. Функциональные свойства станции внешнего пилота» [461]; • ГОСТ Р 59751–2021 «Беспилотные авиационные системы с беспилотными воздушными судами самолетного типа. Требования к летной годности» [462]; • ГОСТ Р 70078–2022 «Программно-аппаратный комплекс аэрофототопографической съемки с использованием беспилотного воздушного судна. Технические требования» [463]; • ГОСТ Р 70802–2023 «Беспилотные авиационные системы для обеспечения пожаротушения, аварийно-спасательных и других работ, выполняемых в целях предупреждения чрезвычайных ситуаций и ликвидации их последствий. Общие требования» [464]. <p>В утвержденной Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года [2; 465] в качестве направлений развития беспилотной авиации выделены разработка, стандартизация и серийное производство беспилотных авиационных систем и комплектующих, а также развитие инфраструктуры, обеспечение безопасности и формирование специализированной системы сертификации беспилотных авиационных систем. Необходимость стандартизации и формирования системы сертификации в области беспилотной авиации отмечалась также в ходе ряда мероприятий всероссийского уровня [7; 54; 466–468].</p> <p>Также стоит отметить, что по состоянию на декабрь 2023 года находится на согласовании обновленный план мероприятий («дорожная карта») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Технет» (передовые производственные технологии) [469]. В обновленной версии законодательной дорожной карты «Технет» учтены предложения, направленные на формирование системы стандартизации для обеспечения возможности применения передовых производственных технологий в производственной деятельности промышленных предприятий, в том числе для развития рынка производства беспилотных авиационных систем. Данные предложения направлены на</p>

Название организации	Описание деятельности организации, принятых стандартов и нормативных документов
	<p>снятие ограничений в части применения передовых производственных технологий и цифровых двойников в области беспилотных авиационных систем.</p> <p>В рамках нормативно-правового регулирования авиационной отрасли и авиадвигателестроения Россия входит в состав технического комитета ISO/TC 20 по авиации (наряду с AFNOR, DIN, BIS, BSI, ANSI, ABNT и др.) [409], а также в состав Межгосударственного авиационного комитета, сформированного совместно Россией, Азербайджаном, Арменией, Беларусью, Казахстаном, Кыргызстаном, Таджикистаном, Туркменистаном и Узбекистаном [470; 471].</p>

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам организаций и открытых интернет-источников, 2023

По результатам проведенного анализа можно сделать вывод о развитии стандартизации в авиации в соответствии с формирующимися тенденциями. Международный и национальный нормативно-технический ландшафт является довольно зрелым в области авиадвигателей и находится в стадии формирования в области двигателей беспилотных летательных аппаратов.

Так, зарубежные организации и международные объединения формируют международный нормативно-технический ландшафт, разрабатывая стандарты, документы и инициативы в авиадвигателестроении по направлениям: разработка и эксплуатация отдельных узлов двигателей, в том числе электрических систем, проведение испытаний двигателей, обеспечение измерения уровня шума и выбросов, обеспечение безопасности и др. При этом входящие в состав БРИКС Бразилия и Индия преимущественно обращаются к зарубежным наработкам в данном направлении.

В Китае и России, наоборот, ведется собственная активная деятельность по нормативно-техническому регулированию отрасли авиационного двигателестроения. В России принят ряд нормативно-технических документов, в том числе стандартов, в области авиадвигателестроения по вопросам терминологии, требований к конструкции, проведения испытаний, топливных характеристик, материалов, а также контроля воздействия на окружающую среду. Особое внимание уделяется вопросам сертификации летательных аппаратов и двигателей.

Наибольшую значимость как в мире, так и в России начинает приобретать деятельность в области стандартизации и формирования нормативно-технического ландшафта для регулирования беспилотных летательных аппаратов [472; 473], в том числе процессов разработки и эксплуатации двигателей (например, ISO ведет работу по актуализации двух стандартов в области БАС, принятых в 2019 и 2020 году), при этом ряд стран еще в начале 2000-х годов отмечал перспективность данного направления и необходимость развития соответствующей нормативно-технической документации [474; 475].

В России в 2023 году заявлено о формировании национальной системы стандартизации и сертификации в области беспилотных авиационных систем, в рамках которой предусмотрена разработка плана стандартизации БАС на период до 2027 года. По состоянию на 2023 год утверждено 13 национальных стандартов в области беспилотных авиационных систем, регулирующих вопросы терминологии, общих требований, применения БАС в различных областях. Отдельно регулируется направление, связанное с разработкой стандартов по применению передовых производственных технологий в БАС.

ГЛАВА 3. ОСНОВНЫЕ ИГРОКИ И ПРОЕКТЫ НА РЫНКЕ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ВКЛЮЧАЯ ДВИГАТЕЛИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНЕТ» НТИ

Данная глава посвящена обзору деятельности организаций, являющихся основными игроками рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, и оказывающих непосредственное влияние на развитие данного рынка. Глава содержит описание деятельности организаций-лидеров, особое внимание уделено анализу бизнес-моделей и финансовых стратегий рассматриваемых организаций. Важную часть исследования составляет анализ проектов по разработке и производству авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, реализуемых организациями-лидерами.

3.1. Основные игроки: количество, рыночные доли, описание продуктов и разработок

Данный раздел посвящен описанию основных игроков рынка, демонстрирующих высокие результаты экономической деятельности и определяющие траекторию развития рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов.

Рассматриваемые компании-лидеры в области авиадвигателестроения, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, используемых в гражданской и военной авиации, расположены в США, Канаде, Франции, Великобритании и России, и обладают высокой репутацией, подтвержденной включением компании в специализированные тематические рейтинги организаций и рыночные отчеты международных аналитических и консалтинговых компаний [16–20; 476]. В рамках анализа среди основных игроков были выделены: General Electric Aerospace (GE Aerospace; США) [477], Honeywell International Inc. (Honeywell; США) [478], Pratt & Whitney (США; входит в RTX Corporation), Pratt & Whitney Canada (Канада; входит в Pratt & Whitney, RTX Corporation) [479], Safran (Франция) [480], Rolls-Royce plc (Великобритания) [481], АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» (АО «ОДК»; Россия; входит в ГК «Ростех») [482]. Также в перечень компаний-лидеров были включены компании Aero Engine Corporation of China (AECC; Китай) [483], China Aerospace Science & Industry Corporation Limited (CASIC; Китай) [484], BRP-Rotax GmbH & Co KG (Rotax; Австрия; входит в Bombardier Recreational Products Inc., BRP) [485]. Выбранные китайские компании наряду с АО «ОДК» являются лидерами рынка авиационных двигателей среди стран Азии [486], в то время как двигатели компании Rotax являются «золотым стандартом» среди производителей двигателей спортивных летательных аппаратов (Light-Sport Aircraft, LSA) и занимают около 80% этого рынка [487–490].

Таблица 6. Компании-лидеры рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов

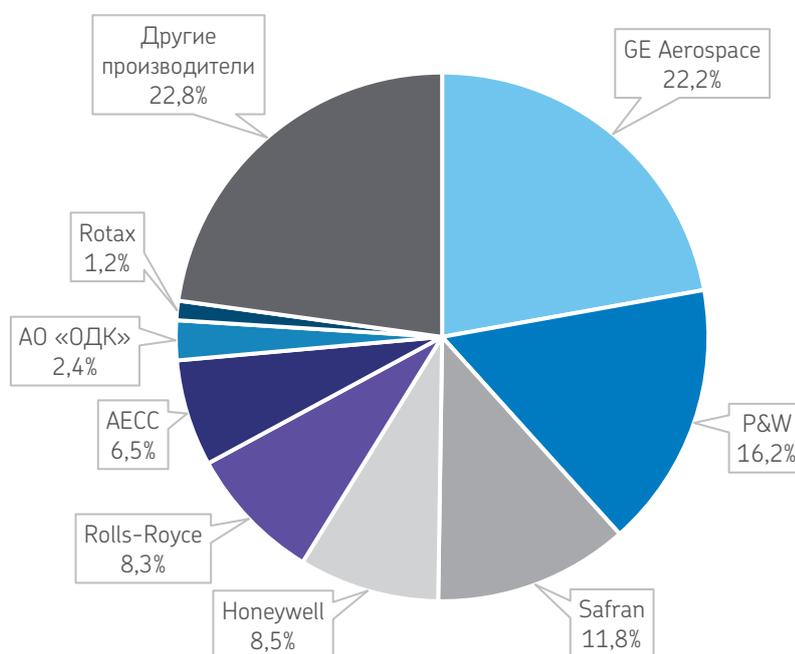
Компания	Описание продуктов и деятельности
США	
General Electric Aerospace (GE Aerospace)	General Electric Aerospace является поставщиком реактивных и турбовинтовых двигателей, а также интегрированных систем для гражданской, военной, деловой авиации и авиации общего назначения. В линейке продуктов компании представлены двигатели гражданской авиации CF34, CF6, CFM LEAP, военной авиации F108, F110, F138, деловой и авиации общего назначения Catalyst, CT7, HF120 и др. В рамках деятельности по разработке двигателей беспилотных летательных аппаратов GE в 2018 году основали дочернюю компанию AiRXOS, которая была ликвидирована в феврале 2021 года в связи с финансовыми трудностями в период пандемии коронавирусной инфекции COVID-19. На конец 2023 года нет открытой информации о текущих проектах GE Aerospace по разработке двигателей беспилотных летательных аппаратов. Однако на собрании инвесторов в марте 2023 года компания подтвердила, что в ближайшем будущем приступит к разработке гиперзвуковых и малых силовых установок для беспилотных летательных аппаратов [491–495].
Honeywell International Inc. (Honeywell)	Корпорация, специализирующаяся на разработке и производстве аэрокосмического оборудования, технологий для эксплуатаций зданий и сооружений. Основными продуктами Honeywell в сфере авиадвигателестроения являются турбовентиляторные двигатели F124, F125, турбореактивный двигатель TPE331, турбовальные двигатели CTS800, HTS900 и др. В рамках деятельности по разработке двигателей БПЛА Honeywell разрабатывает и производит электрические и гибридно-электрические двигатели, объединяя их с существующими моделями в систему в целях повышения КПД и топливной эффективности (напр., HGT1700, HTS900) [478; 496–498].
Pratt & Whitney	Производитель авиационных двигателей и вспомогательных силовых установок. К продукции компании относятся двигатели гражданской авиации (V2500 (в составе консорциума), PW4000-94 и т. д.), региональной авиации (PW127XT, PW100/150), деловой авиации (PW800, PW600 и т. д.), военной авиации (F135, F119 и т. д.), авиации общего назначения (PT6E-66XT, PT6E-67XP и т. д.), а также вертолетные двигатели (PW200, PW210 и т. д.). В рамках деятельности по разработке двигателей БПЛА Pratt & Whitney сотрудничают с производителями БПЛА в целях создания передовых двигателей (напр., внедрение двигателя F100 в качестве турбинной части двигателя Chimera II для сверхзвукового БПЛА «Darkhorse» компании Hermeus) [479; 499–507].
Канада	
Pratt & Whitney Canada	Канадское подразделение компании Pratt & Whitney и дочерняя компания американской корпорации RTX Corporation. Ключевым направлением подразделения является разработка и производство малогабаритных двигателей для частных самолетов, региональной авиации и вертолетов [479; 506].
Австрия	
BRP-Rotax GmbH & Co KG (Rotax)	Подразделение компании Bombardier Recreational Products, занимающееся разработкой и производством силовых установок. В перечне продукции компании – двигатели для специальных легкомоторных спортивных (Special Light-Sport Aircraft, SLSA) и спортивных летательных аппаратов (Light-Sport Aircraft, LSA), в частности, 916 IS A (ISC A, IS C24, ISC C24), 912 IS SPORT (ISC SPORT) и другие [508–511]. Согласно источникам, двигатели Rotax применяют для беспилотных летательных аппаратов, что объясняется высокой доступностью двигателей на рынке (напр., модели 912 и 914) [512–519].

Компания	Описание продуктов и деятельности
Франция	
Safran	Корпорация, осуществляющая свою деятельность на рынках авиакосмической и оборонной промышленности и специализирующаяся на разработке и производстве силовых установок, оборудования и компонентов для самолетов. Включает в себя подразделение Safran Aircraft Engines, которое специализируется на разработке и производстве авиадвигателей. В линейку продукции компании входят двигатели для гражданской авиации (LEAP-1A, LEAP-1B и т. д.), двигатели для военной авиации (M88, TP400 и т. д.) и гибридные / электрические силовые установки (GENeUS, ENGINeUS и т. д.). В рамках деятельности по разработке двигателей БПЛА Safran развивает направление электрических двигателей для внедрения в передовые БПЛА (напр., разработка гибридно-электрической установки Bell Nexus VTOL для вертолетов) [520–523].
Великобритания	
Rolls-Royce plc (Rolls-Royce)	Компания включает в себя 3 подразделения – Rolls-Royce Civil Aviation, Rolls-Royce Defence и Rolls-Royce Electrical, – которые специализируются на разработке и производстве силовых установок и двигателей для летательных аппаратов. В продукцию компании входят двигатели для гражданской авиации (TRENT 7000, TRENT 1000 и т. д.), двигатели для военной авиации (EJ200, RB199 и т. д.) и электрические силовые установки. В рамках деятельности по разработке двигателей БПЛА Rolls-Royce занимается производством турбовентиляторных двигателей для БПЛА (напр., двигатель AE 3007H для БПЛА компании Northrop Grumman) [524–528].
Россия	
АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» (АО «ОДК»)	Интегрированная структура, специализирующаяся на разработке, производстве и сервисном обслуживании газотурбинных двигателей. К продукции компании относятся двигатели гражданской и транспортной авиации (ПД-8, ПД-14, ПД-35, ТВ7-117СТ-01, ТВ7-117СТ-02 и т. д.), вертолетов (ВК-650В, ВК-1600В и т. д.), учебно-тренировочной авиации (АИ-222-25, АЛ-55Э), ракетные двигатели (РД-107А, РД-108А и т. д.), морские двигатели (М70ФРУ-2, Е70 / 8РД и т. д.), энергетические установки (ГТД-110М, ГТУ-2,5П и т. д.) и газоперекачивающие установки (ПД-14ГП-1/-2, ГТУ-4ПГ, НК-36СТ и т. д.). В рамках деятельности по разработке двигателей БПЛА АО «ОДК» проводит научно-исследовательские работы, направленные на создание различных модификаций гибридных силовых установок, в том числе для использования в беспилотниках (напр., ВК-650, ВК-1600В) [482; 529–532].
Китай	
Aero Engine Corporation of China (АЕСС)	Компания, специализирующаяся на независимых исследованиях в области авиации, разработке и производстве авиационных двигателей и газовых турбин различного назначения, самолетов, вертолетов, авиационных систем, узлов и материалов. Среди продуктов компании – военный двигатель «Тайхан» 太行, двигатели CJ1000A и CJ2000 для гражданских воздушных судов, двигатели «Куньлунь» 昆仑, AES100, «Юйлун» 玉龙, АЕР500, АЕР80 и другие, газовые турбины QD128, QD185 и другие. АЕСС активно занимается разработкой и производством двигателей БПЛА (напр., турбовинтовой двигатель АЕР50 для БПЛА «Илун-2» 翼龙-2) [486; 533; 534].

Компания	Описание продуктов и деятельности
China Aerospace Science & Industry Corporation Limited (CASIC)	Компания, основными направлениями деятельности которой является развитие оборонной и аэрокосмической промышленности. Основная продукция компании относится к оборонной промышленности и закупается напрямую государством. В рамках деятельности в области беспилотных летательных аппаратов компания CASIC разработала турбовинтовые и турбореактивные двигатели для линейки военных БПЛА WJ. В открытом доступе не представлены наименования и характеристики разрабатываемых авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов [486; 535].

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ, 2023

Рисунок 6. Рыночные доли ведущих компаний на рынке авиационных двигателей¹⁹



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ, 2023

¹⁹ 1. Данные о выручке компаний-лидеров рынка авиационных двигателей, включая двигатели БПЛА, представлены за 2022 год и получены из открытых финансовых отчетов соответствующих компаний.

2. Выручка GE Aerospace, Safran, Honeywell, Rolls-Royce и Pratt & Whitney на графике включает только выручку в сегменте авиационных двигателей без учета сегмента двигателей для ОПК.

3. Выручка AECC, АО «ОДК» и Rotax на графике включает общий объем выручки компаний.

4. Выручка CASIC не представлена в открытом доступе.

5. Выручка компаний-лидеров рынка авиационных двигателей, включая двигатели БПЛА, рассчитана в долларах США по следующему среднегодовому курсу за 2022 год:

1 долл. США = 6,7328 юаней (для расчета выручки AECC, CASIC);

1 долл. США = 0,8117 фунтов стерлингов (для расчета выручки Rolls-Royce);

1 долл. США = 0,9497 евро (для расчета выручки Safran);

1 долл. США = 1,3019 канадских долл. (для расчета выручки Rotax);

1 долл. США = 68,4869 руб. (для расчета выручки АО «ОДК») [536].

В рамках исследования на основе годовых отчетов ведущих компаний и данных аналитических агентств был осуществлен анализ рыночных долей организаций-лидеров на рынке авиационных двигателей по состоянию на 2022 год [16–20; 36–38; 56; 57; 482; 537–539]. Суммарная доля рынка за 2022 год составляет 84,4 млрд долл. Наибольшие доли рынка занимают GE Aerospace, Pratt & Whitney, а также другие компании, не рассматриваемые в рамках исследования. Наименьшей долей рынка двигателей обладает Rotax, что объясняется спецификой продукции компании [477; 479; 508].

3.2. Оценка успешных бизнес-моделей и лучших практик

Данный раздел посвящен описанию бизнес-моделей деятельности компаний, специализирующихся на разработке и производстве авиадвигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов. В рамках исследования, представленного в экспертно-аналитическом докладе, под бизнес-моделью подразумевается способ реализации деятельности организации, обеспечивающий получение дохода и ее устойчивое развитие [540].

Как было рассмотрено ранее, ключевые игроки в сфере авиадвигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов обладают значительной рыночной долей (более 75%), в связи с чем их деятельность можно оценить как успешную практику на рассматриваемом рынке. В ходе анализа бизнес-моделей деятельности компаний были рассмотрены три группы показателей, приведенных в таблице:

1. Показатели диверсификации деятельности;

В рамках оценки бизнес-моделей компаний по показателям данной группы была проанализирована деятельность компаний, направленная на привлечение дополнительной прибыли за счет:

- проведения технического обслуживания и ремонтов продукции, находящейся в эксплуатации,
- производства и сбыта компонентов, используемых в авиационных системах,
- проведения образовательной деятельности по приобретению навыков работы с разными типами двигателей, обучению по обслуживанию, обеспечению надежности и бесперебойности их работы, подготовке пилотов и пр.,
- предоставлению услуг по сбору данных и проведению аналитики (мониторинга) авиаперевозок,
- разработке и продажам программного обеспечения для внешних пользователей,
- услуги по лизингу (аренде) двигателей.

2. Показатели отраслевого применения;

Данная группа показателей направлена на оценку деятельности компаний в рамках продуктовых направлений в зависимости от отрасли применения – двигатели для авиации гражданского назначения, военного назначения, двигатели для космических объектов, морские двигатели и наземные (промышленные) установки.

3. Общие показатели деятельности.

Данная группа включает показатели, тесно связанные с осуществлением основной деятельности авиадвигателестроительных компаний, среди которых вложение инвестиций в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы и разработку технологий, наличие широкой сети производственных площадок и испытательных лабораторий, а также участие в международных кооперациях в целях осуществления международного сотрудничества в области двигателестроения.

Таблица 7. Сравнительный анализ бизнес-моделей компаний авиадвигателестроения

Характеристика	АО «ОДК»	GE Aerospace	Honeywell	Rotax	Pratt & Whitney	Rolls-Royce	Safran	AECC	CASIC
Диверсификация деятельности									
Проведение технического обслуживания и ремонтов	•	•	•	•	•	•	•	•	
Производство и сбыт компонентов для авиационных систем, в том числе электроники	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Проведение образовательной деятельности	•	•	•	•	•	•	•	•	
Сбор данных и аналитика (мониторинг)	•	•	•		•		•		
Разработка программного обеспечения		•	•		•	•			•
Осуществление лизинговой деятельности [541–546]	•	•	•		•	•	•(CFM)		
Отраслевое применение									
Гражданская авиация	•	•	•	•	•	•	•	•	
Военная авиация	•	•	•	20	•	•	•	•	•
Двигатели для космических объектов	•	•	•		•	•	•	•	•
Морские двигатели	•	•	•	•	•	•		•	
Наземные / промышленные установки	•	•	•	•	•	•		•	

²⁰ Двигатели компании Rotax применяют в военных конфликтах в связи с доступностью двигателей на рынке, однако это противоречит политике компании [512–518; 547; 548].

Характеристика	АО «ОДК»	GE Aerospace	Honeywell	Rotax	Pratt & Whitney	Rolls-Royce	Safran	AECC	CASIC
Общие показатели деятельности									
Высокие инвестиции в НИОКР и технологии	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Распределенная сеть производственных и испытательных площадок	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Развитие международного сотрудничества	•	•	•		•	•	•	•	•

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам [479; 482; 491; 497; 509; 522; 528; 533; 535; 549–551], 2023

Рассматриваемые компании ведут деятельность по разработке и производству как авиационных двигателей, так и двигателей беспилотных летательных аппаратов. В ходе анализа существенной разницы в реализации бизнес-моделей компаний в зависимости от направления реализуемой продукции выявлено не было.

Независимо от статуса организаций – государственная (АО «ОДК», AECC, CASIC) или коммерческая (GE Aerospace, Honeywell, Rotax, Pratt & Whitney, Rolls-Royce, Safran), – абсолютное большинство рассмотренных компаний соответствует следующим характеристикам: высокодиверсифицированная деятельность, большое количество отраслевых решений, распределенная сеть производственных и испытательных площадок, участие в международных партнерских кооперациях и государственных исследовательских программах, высокая доля инвестиций в научные исследования и разработки. Такой подход к организации бизнес-процессов, направленный на масштабирование и диверсификацию, позволяет компаниям занимать значительную долю рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, формировать новые источники дохода, развивать технологические инновации и стратегические партнерские соглашения, а также повышать вовлеченность клиентов.

Тем не менее, в зависимости от статуса рассматриваемой организации наблюдается значительная разница в типах реализуемой / проводимой диверсификации. Так, в России и Китае, где преобладает государственное управление компаниями авиаотрасли, созданы и эффективно функционируют **горизонтально интегрированные корпорации** [552–554]. Потребность в их создании объясняется необходимостью жесткого контроля выполнения государственных заказов для удовлетворения государственных нужд, а также высокими рисками для участия коммерческих организаций в реализации проектов для авиаотрасли, в частности, по разработке и производству авиадвигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов. Такой тип диверсификации подразумевает расширение продуктового портфеля компании и увеличение прибыли за счет масштабируемости производства и экономической деятельности, однако приводит к низкому или недостаточному уровню конкуренции в стране, а также увеличению длительности процессов рассмотрения и согласования результатов проектов.

В свою очередь, в зарубежных странах, в особенности США и странах Европейского союза, преобладают **конгломерации**, направленные на формирование стабильного экономического положения за счет продуктовой диверсификации и высокой конкуренции [552–554]. Создание конгломератной структуры осуществляется за счет активного проведения сделок слияний и поглощений (M&A), в том числе поглощений малых инновационных компаний. Данный тип диверсификации подразумевает формирование дочерних компаний или крупных подразделений / дивизионов под конкретное технологическое направление, что позволяет снизить вероятность возникновения рисков и повысить финансовую синергию корпорации.

Меняющиеся рыночные условия и проникновение цифровой трансформации во все ключевые направления деятельности требует трансформации бизнес-моделей игроков рынка авиадвигателестроения в целях соответствия темпам технологического прогресса и учета новых рыночных возможностей (подробнее про перспективные технологии – в главе 4), учета потребностей клиентов и адаптации под новые требования и ожидания (в том числе с точки зрения экологических тенденций), повышения эффективности и производительности деятельности компаний, ее оптимизации и др. [555] Трансформация бизнес-моделей авиадвигателестроительных компаний осложняется внутренними особенностями компаний, непрерывностью технологического прогресса, строгими требованиями нормативно-правовой документации, действующей в авиационной отрасли, нехваткой финансирования, а также рядом рисков, возникающих в процессе разработки и производства продукции, взаимодействия с другими организациями и пр.

Например, трансформация бизнес-модели Rolls-Royce была направлена на внутренние организационные изменения, связанные с внедрением ряда мер по сокращению затрат, консолидации производственных мощностей и оптимизации цепочки поставок [555]. Кроме того, компания сосредоточилась на расширении продуктового портфеля, увеличении услуг по ремонту и техническому обслуживанию, освоению новых направлений разработок, в частности, гибридных силовых установок, а также расширению партнерских отношений и сотрудничества.

3.3. Инвестиции, сделки M&A, кооперация

Настоящий раздел посвящен описанию экономической деятельности компаний, направленной на увеличение капитала и укрепление позиций на рынке. В частности, в разделе рассмотрены различные аспекты инвестиционной деятельности, проанализированы сделки слияний и поглощений, а также приведены примеры установления партнерских отношений и сотрудничества организаций, основная деятельность которых сосредоточена на разработке авиадвигателей, но вместе с тем осуществляющих вложения в развитие двигателей беспилотных летательных аппаратов.

Важным аспектом развития рынка авиадвигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, является осуществление сделок слияния и поглощения (Mergers and Acquisitions, M&A) ключевыми игроками. Слияния и поглощения представляют собой класс экономических процессов укрупнения бизнеса и капитала, происходящих на макро- и микроэкономическом уровнях, в результате которых на рынке появляются более крупные компании [556].

Поглощение крупными компаниями мелких укрепляет позиции первых, при этом поглощенные компании получают дополнительный толчок в развитии собственных решений за счет возможности использования разнообразных ресурсов крупных игроков рынка, например, развитой

инфраструктуры и материально-технического оснащения, партнерских связей, цифровых платформенных решений и др.

В 2020–2023 годах большинство компаний-лидеров рынка авиадвигателей практически не заключало сделок слияния и поглощения в соответствующем сегменте. Это может свидетельствовать о возникших трудностях, связанных с последствиями пандемии коронавирусной инфекции (COVID-19), а также о рыночных особенностях рассматриваемой отрасли. При этом рассматриваемые компании осуществляли слияния и поглощения по другим направлениям и таким образом диверсифицировали свою деятельность, расширяли линейку продукции и увеличивали число производственных центров (например, компания Rolls-Royce приобрела итальянскую компанию TEAM Italia, производителя яхтенных мостов и морской автоматики [557]). Ключевым направлением диверсификации деятельности рассмотренных компаний-лидеров стало приобретение компаний, специализирующихся на электронной и мехатронной продукции, что вполне соответствует выявленным тенденциям.

Таблица 8. Сделки слияния и поглощения среди ведущих игроков рынка авиационных двигателей²¹

Компания	Описание сделки
Safran	<p><i>Описание сделки</i></p> <p>Французская компания Safran в октябре 2023 года осуществила сделку по поглощению французских подразделений Thales Group – Thales Avionics Electrical Systems и Thales Avionics Electrical Motors [558]. Компании специализировались на разработке и производстве электрических систем, в том числе на процессах преобразования электроэнергии, производства электроэнергии и создании двигателей для гражданской и военной авиации. К концу 2022 года оба подразделения имели суммарную выручку более 154 млн долл., а в их подчинении находилось более 600 сотрудников [559]. Таким образом, Safran увеличила возможности в области разработки и производства электродвигателей, а также электронных систем.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Тип сделки: поглощение. • Дата: октябрь 2023.
Bombardier Recreational Products (головная компания Rotax)	<p><i>Описание сделки</i></p> <p>В 2022 году канадская компания Bombardier Recreational Products (BRP, головная компания Rotax) заключила сделку с норвежской компанией Kongsberg Automotive (KA) по приобретению ее подразделения, отвечающего за разработку электронной и мехатронной продукции – KA Shawinigan [560]. По состоянию на 2022 год в компании работало около 300 человек. KA Shawinigan ранее являлась одним из ключевых поставщиков BRP, однако ее приобретение стало частью продуктовой стратегии BRP, касающейся расширения направления по электрификации. Ожидается, что это позволит Bombardier Recreational Products получить дополнительные возможности в области мехатроники и укрепить свой инновационный потенциал [561].</p> <ul style="list-style-type: none"> • Тип сделки: поглощение. • Дата: октябрь 2022.

²¹ В открытых источниках данных отсутствует информация о суммах рассмотренных сделок.

Компания	Описание сделки
Rolls-Royce	<p><i>Описание сделки</i></p> <p>Компания Rolls-Royce в 2020 году заключила сделку с бельгийской компанией Kinolt, специализирующейся на производстве динамических систем бесперебойного электропитания. Такие системы используются на промышленных предприятиях с особо ответственными производственными процессами, а также в центрах обработки данных или больницах. Использование динамической системы бесперебойного питания позволяет генерировать больше электроэнергии в отличие от системы с аккумуляторами.</p> <p>Выручка компании за 2022 год составила 3,5 млн долл., в компании по состоянию на 2020 год работало около 290 человек. Данная сделка позволила подразделению Rolls-Royce Power Systems расширить портфель продукции и увеличить количество предлагаемых комплексных решений [562].</p> <ul style="list-style-type: none"> • Тип сделки: поглощение. • Дата: июль 2020.

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ, 2023

Также стоит упомянуть важную сделку, произошедшую между компаниями Rolls-Royce и Siemens в 2019 году. В рамках соглашения, заключенного во время Международного авиакосмического салона Париж-Ле-Бурже, компания Rolls-Royce приобрела дочернюю компанию Siemens – немецкую компанию eAircraft. Деятельность компании направлена на производство электрических и гибридных авиационных установок, что будет способствовать развитию Rolls-Royce в качестве поставщика авиадвигателей с низким влиянием на окружающую среду. Так, спустя год после приобретения компании, команды eAircraft и Rolls-Royce Electrical были объединены для работы над проектами Rolls-Royce на рынке малых воздушных судов, в том числе для обеспечения городской аэромобильности. Примерами таких проектов стали проект по ускорению электрификации полетов ACCEL (Accelerating the Electrification of Flight) и H3PS (приведен ниже) [563–567].

Кроме того, важной составляющей экономической деятельности организаций является установление партнерских отношений на рынке и расширение сотрудничества. В 2022–2023 годах ведущие игроки на рынке авиационных двигателей взаимодействовали друг с другом в рамках реализации совместных проектов по ключевым направлениям развития.

Совместное предприятие компаний Safran Aircraft Engines и GE Aerospace – CFM International [568], функционирующее практически 50 лет с 1974 года, заключило партнерское соглашение в 2022 году с компанией Airbus (Нидерланды) о работе над программой по созданию газотурбинного двигателя, работающего на водороде, с последующим проведением наземных и летных испытаний на базе самолета A380. Настоящая программа является развитием сотрудничества в рамках разработки самолета с нулевым уровнем выбросов к 2035 году [569].

В августе 2022 года Rolls-Royce заключила партнерское соглашение с компанией easyJet (Великобритания) для присоединения к кампании Организации Объединенных Наций (ООН) «Race to Zero» [570; 571], целью которой является достижение нулевого уровня выбросов углерода к 2050 году. Задачей кооперации стала разработка технологии водородных двигателей внутреннего сгорания, способных приводить в движение целый ряд самолетов, в том числе узкофюзеляжных.

Цель кооперации заключается в обосновании возможности применения водорода для обеспечения самолетов энергией. В рамках партнерства обе компании также проведут серию наземных испытаний двигателя Rolls-Royce AE 2100 [572].

Кроме этого, компания Rolls-Royce с 2018 года сотрудничает с итальянским производителем самолетов Tecnam и компанией BRP-Rotax по работе над проектом H3PS, направленным на оснащение 4-х местного самолета Tecnam P2010 параллельно-гибридной электрической силовой установкой, которая позволит снизить расход топлива и увеличить дальность полета [565; 573]. Разработка представляет собой передовую технологию для самолетов малого класса мощности, которая в дальнейшем может быть масштабируема для более крупных самолетов авиации общего назначения. В конце 2021 – начале 2022 года самолет Tecnam P2010 с электродвигателем Rolls-Royce с мощностью 30 кВт и двигателем Rotax 915 IS совершил первый успешный полет [574]. На текущий момент самолет активно применяют в учебных целях [575]. На основе P2010 компания Tecnam реализует проект по созданию новой делюкс-версии самолета P2010 «Gran Lusso» с улучшенными характеристиками самолета [576; 577].

Компания Pratt & Whitney совместно с MTU Aero Engines (Германия) и Japanese Aero Engine Corporation (Япония) продолжает активную работу в рамках транснационального консорциума International Aero Engines AG (IAE) [578; 579]. В 2023 году консорциум празднует 40-летний юбилей с момента его основания и создания двигателя V2500. Двигатель продолжает эксплуатироваться на 3500 самолетах более чем 150 организациями, осуществляющими авиаперевозки в 80 странах мира (с 1983 года было произведено более 7800 двигателей) [580].

Компания Honeywell в сентябре 2023 года объявила о начале годового сотрудничества с Национальной лабораторией по изучению возобновляемой энергии Министерства энергетики США (U.S. Department of Energy's National Renewable Energy Laboratory, DOE's NREL) [581]. В рамках сотрудничества планируется создание решения для хранения водородного топлива в резервуарах БПЛА и оказание поддержки в целях его коммерциализации. Предполагается, что Honeywell предоставит технологическую экспертизу, проведет испытания технологии, обеспечит поддержку цепочки поставок, создаст прототип и проведет оценку топливных элементов. Ожидается, что реализация проекта будет способствовать декарбонизации авиационной промышленности в США [582; 583].

В ноябре 2023 года компания Engine Alliance (EA) [584], совместное предприятие Pratt & Whitney и GE Aerospace, анонсировало начало стратегического партнерства с компанией MTU Maintenance Lease Services (входит в MTU Aero Engines, Германия), предоставляющей услуги по сервисному и техническому обслуживанию [585]. В рамках взаимодействия предполагается, что MTU Maintenance Lease Services будет оказывать альянсу EA поддержку в управлении лизингом авиадвигателей для операторов Airbus A380 по всему миру, осуществляя все складские, административные и логистические операции, а также обеспечивая поддержку в течение срока аренды. Такая договоренность распространяется на поддержку всего парка арендуемых двигателей EA GP7000 [586].

ГК «Ростех» и АО «ОДК» (входит в ГК «Ростех») продолжают активное сотрудничество с китайскими корпорациями Aero Engine Corporation of China (AECC) и China Aerospace Science & Industry Corporation (CASIC).

Партнерское соглашение в сфере авиационной и космической промышленности ГК «Ростех» с CASIC было подписано в 2014 году [587], а в 2017 году АО «ОДК» подписала меморандум с АЕСС, в рамках которого были определены принципы взаимодействия компаний в области разработки газотурбинного двигателя для перспективного широкофюзеляжного дальнемагистрального самолета (ШФДМС / С929). В 2023 году двигатель успешно прошел испытания, сертификация двигателя назначена на 2027 год [588–590].

Другим важным аспектом является инвестиционная деятельность компаний, которая представляет собой вложение капитала и осуществление практических действий в целях получения прибыли и /или достижения иного полезного эффекта [591]. Инвестиции в разработку, оптимизацию и улучшение решений в области авиадвигателестроения повышают конкурентоспособность компаний-производителей на рынке, а также способствуют развитию самой отрасли.

В 2022 году компании-лидеры увеличили свои ежегодные инвестиции в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) в среднем на 12,1% по сравнению с 2021 годом. Сумма затрат на НИОКР компании GE Aerospace в 2022 году составила более 0,8 млрд долл., компании Honeywell – около 1,5 млрд долл., компании Safran и Rolls-Royce вложили в исследования и разработки более 1,6 и 1 млрд долл. соответственно. Объемы капиталовложений RTX Corporation (головная компания Pratt & Whitney) и Bombardier Recreational Products (головная компания Rotax) составили более 2,7 и 0,28 млрд долл. соответственно [36–38; 56; 57; 539].

3.4. Новые крупные проекты: участники, планы, суммы привлеченных инвестиций

Данный раздел посвящен обзору новых проектов на рынке авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов. Запуск новых проектов является важным аспектом деятельности компаний, отражающим уровень спроса на продукцию компании и определяющим направления развития рынка, а также влияющим на изменение объемов и темпов роста рынка за счет привлечения новых инвестиций.

Таблица 9. Новые проекты компаний-лидеров на рынке авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов

Организации	Описание проекта
Rolls-Royce	<p>UltraFan – это самый большой в мире демонстрационный авиадвигатель, в разработке которого применялся ряд новых технологий, обеспечивающих высокую топливную эффективность, снижение выбросов и повышение экологичности. Диаметр вентилятора UltraFan составляет 355 сантиметров, мощность коробки приводов двигателя на испытаниях составила 64 МВт (87 000 л.с.), что является рекордом мощности в авиакосмической отрасли [592–596].</p> <ul style="list-style-type: none"> • Сроки реализации: 2013–2023 годы. • Сумма привлеченных инвестиций: 568 млн долл.
АЕСС; Военно-воздушные силы Народно-освободительной армии Китая	<p>Производство турбовентиляторного двигателя WS-20 на базе двигателя WS-10A для самолета Y-20B. Сообщается, что WS-20 обеспечивает тягу в 28 660 фунтов (127,5 кН). В 2023 году двигатель прошел испытания, разработку передали в серийное производство [597–599].</p> <ul style="list-style-type: none"> • Сроки реализации: 2020–2023 годы. • Сумма привлеченных инвестиций: Н / д.

Организации	Описание проекта
АО «ОДК» (АО «ОДК-Климов»); АО «Уральский завод гражданской авиации»; Министерство промышленности и торговли Российской Федерации	Разработка и производство двигателя ТВ7-117СТ-02, специальной модификации ТВ7-117СТ-01, для самолета ТВРС-44 (турбовинтовой региональный самолет на 44 посадочных места) «Ладога», который призван заменить пассажирские самолеты Як-40, Ан-24 и пассажирско-грузовые самолеты Ан-26-100. Мощность двигателя на взлетном режиме оценивается в 2 400 л.с., а продолжительность непрерывного полета ожидается в пределах 16 часов [600–602]. <ul style="list-style-type: none"> • Сроки реализации: 2021–2025 годы. • Сумма привлеченных инвестиций: Н / д.
Honeywell; Мэрилендский университет	Проект Advanced Electric Propulsion System (AEPS) направлен на разработку нового высоковольтного электродвигателя мощностью 500 кВт с высоким КПД. Система должна будет обеспечивать прямой привод двигателя без использования усилителя крутящего момента, что обеспечит низкую массу и стоимость, а также высокую надежность [603; 604]. <ul style="list-style-type: none"> • Сроки реализации: 2021–2025 годы. • Сумма привлеченных инвестиций: 6,9 млн долл.
Pratt & Whitney; Министерство обороны США	Компания Pratt & Whitney начала реализацию проекта Engine Core Update (ECU) по модернизации двигателя F135, используемого в самолете F-35. Ожидается, что экономия затрат на жизненный цикл F135 ECU составит десятки миллиардов долларов [605–607]. <ul style="list-style-type: none"> • Сроки реализации: с 2022 года. • Сумма привлеченных инвестиций: 115 млн долл. (2022)
GE Aerospace; Научно-исследовательская лаборатория сухопутных войск США (U.S. Army Research Laboratory), относящаяся к Командованию по развитию боевых возможностей армии США (U.S. Army Combat Capabilities Development Command)	Проведение исследований и разработок в рамках проекта Applied Research Collaborative Systematic Turboshaft Electrification Project (ARC-STEP). Проект включает в себя исследования, разработку, испытания и оценку электрифицированной силовой установки мегаваттного (МВт) класса для применения в военных вертолетах будущего (FVL). В разрабатываемой гибридной силовой установке будет использоваться турбовальный двигатель GE CT7 в сочетании с электродвигателем [608; 609]. <ul style="list-style-type: none"> • Сроки реализации: с 2022 года. • Сумма привлеченных инвестиций: 5,1 млн долл.
Rolls-Royce; Safran; Avio Aero (подразделение GE Aerospace); Aernnova; Airbus Helicopters; EAB; ELT; GKN Aerospace; HENSOLDT; Indra; ITP Aero; Leonardo;	Проект EU Next Generation Rotorcraft Technologies Project (ENGRT) направлен на разработку нового поколения военных вертолетов Европейского Союза. Проект включает в себя анализ потребностей в части технических характеристик и возможностей вертолетов, альтернативных платформ, демонстраторов полетов и тренажеров, разработку дорожной карты совершенствования технологий для военных вертолетов с учетом различных стадий жизненного цикла. В рамках проекта будут разработаны гибридные силовые установки для винтокрылого летательного аппарата для соответствия целям декарбонизации, установленным европейскими государствами на 2035 и 2050 годы [610–612]. <ul style="list-style-type: none"> • Сроки реализации: 2023–2026 годы. • Сумма привлеченных инвестиций: 42 млн долл.²²

²² Сумма привлеченных инвестиций приведена в долларах по среднегодовому курсу за 2022 год: 1 долл. США = 0,9497 евро.

Организации	Описание проекта
MBDA; MTU Aero Engines; Patria; Saab AB; Thales	
GE Aerospace; Hindustan Aeronautics Limited	Совместное производство 99 двигателей F414 для легкого боевого самолета Tejas Mk2 в Индии. Кроме этого, проект предусматривает передачу 80% технологий для производства двигателей [613–615]. <ul style="list-style-type: none"> • Сроки реализации: с 2023 года. • Сумма привлеченных инвестиций: 1 млрд долл.
Pratt & Whitney; Hermes	Разработка двигателя Chimera II – гибрид турбинного двигателя и прямоточного воздушно-реактивного двигателя – для гиперзвукового беспилотного летательного аппарата Darkhorse компании Hermes. В качестве турбинной части Chimera II будет использоваться двигатель F100 компании Pratt & Whitney [507; 616]. <ul style="list-style-type: none"> • Сроки реализации: с 2023 года. • Сумма привлеченных инвестиций: Н / д.
Rolls-Royce	Проект Heaven (Hydrogen Engine Architecture Virtually Engineered Novelty), финансируемый ЕС в рамках исследовательской программы Europe's Clean Aviation, позволит существенно развить архитектуру UltraFan и технологии Rolls-Royce для гражданской авиации будущего, обеспечив платформу для внедрения водородных и гибридно-электрических технологий и потенциального снижения расхода топлива на 20–25%. Ряд инновационных технологий будет включен в новую архитектуру двигателя для повышения эффективности газовой турбины [593; 617]. <ul style="list-style-type: none"> • Сроки реализации: 2023–2026 годы. • Сумма привлеченных инвестиций: 38,6 млн долл.
Rolls-Royce; Causeway Aero; ITP UK; National Composites Centre; Reaction Engines; Spirit; Бристольский Университет; Имперский колледж Лондона	Проект Robustly Achievable Combustion of Hydrogen Engine Layout (RACHEL) направлен на разработку ключевых технологий и архитектуры интегрированной силовой установки для газовой турбины на жидком водороде [618–620]. <ul style="list-style-type: none"> • Сроки реализации: 2022–2024 годы. • Сумма привлеченных инвестиций: 44 млн долл.
Rolls-Royce; Университет Крэнфилда; Университет Лафборо; Университет Суонси	Проект Hydrogen Engine System Technologies (HYEST) направлен на разработку технологий и архитектуры подсистем для элемента камеры сгорания газовой турбины на жидком водороде [618; 619; 621]. <ul style="list-style-type: none"> • Сроки реализации: 2022–2025 годы. • Сумма привлеченных инвестиций: 17,8 млн долл.

Организации	Описание проекта
Rolls-Royce; easyJet; Heathrow; Manufacturing Technology Centre; Reaction Engines; Университет Крэнфилда; Оксфордский университет; Университетский колледж Лондона	Проект Liquid Hydrogen Gas Turbine (LH2GT) направлен на разработку системы подачи жидкого водородного топлива для водородной газовой турбины [618; 619; 622]. <ul style="list-style-type: none"> • Сроки реализации: 2022–2025 годы. • Сумма привлеченных инвестиций: 38 млн долл.

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ, 2023

Помимо проектов компаний-лидеров, на рынке авиационных двигателей также реализуется множество других разработок, в которые вовлечены другие игроки рынка. Например, американская корпорация Lockheed Martin [623], занимающаяся разработкой и производством авиакосмической техники, совместно с американской авиадвигателестроительной компанией Aerojet Rocketdyne с 2013 года проводят разработку гиперзвукового беспилотного летательного аппарата Lockheed SR-72 [624; 625]. Проект начал финансироваться НАСА в 2014 году [626]. Новое поколение сверхзвукового самолета Lockheed SR-71 Blackbird, Lockheed SR-72 будет оснащен гиперзвуковым прямоточным воздушно-реактивным двигателем с турбиной для полета на дозвуковых скоростях. Более того, такой двигатель будет способен развивать скорость более 6000 км/ч [627]. Первый полет БПЛА ожидается в 2025 году [628].

Таким образом, игроками рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, реализуется множество новых проектов, в том числе в рамках национальных и региональных программ поддержки научно-исследовательских работ, направленных на разработку новых типов двигателей, модификацию существующих двигателей для новых типов самолетов, совершенствование отдельных узлов и систем двигателей, создание гибридных силовых установок и проч. Реализуемые проекты нацелены на снижение издержек, связанных с разработкой и производством авиадвигателей, а также повышение топливной эффективности двигателей, в том числе за счет внедрения новых технологий и применения новых видов топлива.

3.5. Причины закрытия неудавшихся проектов

В данном разделе представлено описание ключевых причин закрытия проектов на рынке авиадвигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов. Ключевые причины закрытия проектов демонстрируют основные риски, существующие в рассматриваемой технологической области, а также барьеры, препятствующие развитию соответствующих рынков.

В ходе исследования были проанализированы проекты на рынке авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов, реализация которых была приостановлена или прекращена.

При этом начале разработки авиадвигателя, как правило, предшествует глубокая научно-исследовательская работа, направленная на обоснование целесообразности и технической достижимости проекта. В связи с этим также были проанализированы проекты, в рамках которых разработанные двигатели выведены на стадию серийного производства. Среди ключевых причин закрытия проектов можно выделить:

- Технологические особенности, связанные с наукоемкостью разрабатываемого изделия и сложностью системы.

Как известно, двигатель считается самым сложным изделием, которое возможно произвести на современном этапе развития промышленности [629–633]. В ходе разработки и производства системы такого уровня сложности нередко возникают неявные на предыдущих этапах противоречия, устранение которых требует приостановки проекта или дополнительного финансирования.

Так, например, в ходе испытаний авиационного двигателя GE9X, разрабатываемого для Boeing 777X, на стенде были выявлены повышенные нагрузки на систему статора, что может потенциально привести к поломкам двигателя [634]. Выявленные конструкторские просчеты требовали замены рычагов статора и послужили причиной переноса летных испытаний двигателя.

Кроме того, возможно возникновение проблем с авиадвигателями, установленными на воздушное судно. Брак и дефекты, выявленные в ходе эксплуатации двигателей конкретной серии или производства следующей «партии», как правило, приводят к отзыву уже поставленных двигателей. Например, в июле 2023 года Pratt & Whitney объявила о необходимости отзыва произведенных и находящихся в эксплуатации одной трети (около 1200 двигателей) редукторных двигателей модели PW1100G-JM для проведения оценки дефектов дисков турбины [635; 636].

Аналогично в 2021 году были временно запрещены полеты Boeing 777 с двигателем PW4000 (Pratt & Whitney) по причине поломки лопасти двигателя в момент полета из-за усталости материалов [637–639].

- Перенос сроков или изменение / прекращение финансирования проекта, связанное с внешними факторами или переориентацией приоритетов компании.

Реализация длительного проекта часто подвергается изменениям в части сроков и финансирования в связи с коррективами, вносимыми в тактические, оперативные или стратегические планы компании. Как правило, такие коррективы вносят в результате внешнего воздействия, например, при геополитических или рыночных изменениях, или по итогам пересмотра приоритетных направлений деятельности игроков рынка [640].

Так, например, в 2021 году Rotax заявила о прекращении производства двухтактных авиадвигателей 582 UL, последней модели в серии, в связи с тем, что рынок легких самолетов значительно трансформировался. Все более актуальными становятся модели четырехтактных двигателей, которые также имеются в продуктивном портфеле компании [641].

Также в 2021 году GE Aerospace, как было приведено ранее, объявила о прекращении финансирования проекта AirXOS, направленного на оптимизацию управления двигателями беспилотных летательных аппаратов [494; 642–644]. За счет платформенных технологий решение AirXOS обеспечивало эффективное оперативное планирование, мониторинг, получение разрешений для полетов и др.

Закрытию проекта послужили финансовые трудности, вызванные пандемией коронавирусной инфекции COVID-19. Еще одним примером закрытия проекта по причине влияния внешних факторов выступает принятие решения для заключения контракта на разработку штурмовика дальнего действия в ходе программы FLRAA (Future Long Range Assault Aircraft) [645]. Так, Вооруженные силы США в 2019 году объявили о начале программы по разработке военного вертолета. Основными участниками программы выступили Sikorsky (дочерняя компания Lockheed Martin) совместно с Boeing и американская компания по производству авиакосмических систем Bell Textron.

Предложенный Sikorsky и Boeing штурмовик DEFIANT X планировалось оснастить новой разработкой компании Honeywell – двигателем HTS7500 [646]. Предложенный Bell Textron прототип конвертоплана Bell V-280 Valor был оснащен двигателем T64 компании GE Aerospace, при этом для серийного производства было заявлено применение двигателей AE 1107F компании Rolls-Royce [647–650]. По результатам конкурса Bell V-280 Valor был объявлен победителем по причине более высокого соответствия техническим требованиям программы, в результате чего новая разработка HTS7500 не нашла своего применения, однако может служить научно-технологическим заделом для Honeywell [651–654].

- Факторы, связанные с трансформацией цепочек поставок и государственной политикой, направленной на импортозамещение.

Особое влияние на авиадвигателестроительную отрасль оказывают геополитические факторы, результатом которых выступают обострение актуальности импортозамещения, кардинальные изменения цепочек поставок и соответствующая замена поставщиков. Это объясняется затруднением доступа к иностранным компонентам двигателей или лицензиям и технологиям военного двигателестроения.

Например, в сентябре 2023 года Китай ввел ограничения на экспорт комплектующих для беспилотных летательных аппаратов [655; 656]. В число ограничений также вошли поставляемые в ряд стран двигатели БПЛА, максимальная продолжительная мощность которых превышает 16 кВт.

В феврале 2022 года зарегистрированная во Франции российско-французская компания PowerJet (совместная компания ПАО «ОДК-Сатурн» и Safran) приостановила свою деятельность. В частности, были прекращены поставки комплектующих для авиадвигателей SaM146, их лизинг, а также техническое обслуживание и ремонт [657]. В связи с этим был принят ряд мер, среди которых налаживание отечественного производства основных комплектующих двигателя, получение ПАО «ОДК-Сатурн» в июне 2022 года сертификата разработчика модификаций двигателя SaM146 в Росавиации, в частности, для уточнения ремонтной документации, а также замена SaM146 на ПД-8 [658–663].

Аналогично в 2020 году Bombardier Recreational Products, головная компания Rotax, приостановила поставку двигателей Rotax в связи с применением двигателей в военных конфликтах, участие в которых противоречит политике компании [512; 547; 548].

Кроме того, разработка авиадвигателя в интересах другой страны подразумевает решение вопроса, связанного с передачей технологий, как, например, в рамках сотрудничества американской авиадвигателестроительной компании GE Aerospace и индийской государственной компании Hindustan Aeronautics Ltd (HAL) [664–666].

Отдельное внимание необходимо уделить вопросам, связанным с причинами приостановки проектов по разработке двигателей беспилотных летательных аппаратов. Так, одним из факторов, влияющих на реализацию проекта по разработке двигателя и, впоследствии, на разработку самого беспилотного летательного аппарата, выступает конечная стоимость двигателя. Учитывая применимость беспилотных летательных аппаратов, особенно в военных целях, и их возможную последующую непригодность, установка дорогостоящего двигателя на БПЛА, в частности газотурбинного, может оказаться нецелесообразной. В связи с этим возникают трудности с технико-экономическим обоснованием типа разрабатываемого двигателя, который должен удовлетворять параметрам, связанным с небольшим весом беспилотника, обеспечением дальности полета, высокой грузоподъемностью и низкой стоимостью [667–669].

ГЛАВА 4. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ НА РЫНКЕ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ВКЛЮЧАЯ ДВИГАТЕЛИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНЕТ» НТИ

В главе рассмотрены основные технологии, применяемые на рынке авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов, на основе анализа разработок ключевых игроков рынка. Анализ сфокусирован на применяемых передовых производственных технологиях (новые материалы, аддитивное производство, цифровое проектирование и моделирование и другие) в рассматриваемой области.

Кроме того, в главе представлен обзор ключевых отечественных и мировых научных разработок в области авиадвигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, на основе патентного и библиометрического анализа.

4.1. Основные технологии, применяемые на рынке

Основные технологии, применяемые на рынке авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, определяют ключевые направления развития в данной области и напрямую отражают формирование научно-технологического задела в рамках тенденций, приведенных в разделе 1.5. Отрасль двигателестроения можно обозначить как наиболее высокотехнологичную [670; 671], устойчивую и фундаментально проработанную, при этом требования, возникающие в связи с потребностью в уменьшении стоимости разработки, сокращении времени вывода изделия на рынок и повышении мощности двигателей (тяги), вынуждают лидеров отрасли проводить исследования в целях достижения заявленных экологических, экономических, технологических и прочих требований. Каждое новое техническое решение в отрасли авиадвигателестроения является следствием длительной работы высокого уровня сложности, направленной на поиск оптимального (компромиссного) решения с учетом множества факторов и основанной на результатах продолжительных исследований и многоитерационных испытаний.

Так, на основе проведенного анализа можно выделить следующие основные направления разрабатываемых технологий:

1. Разработки в области создания экологически чистого авиационного топлива (SAF) и альтернативных видов топлива, в частности, криогенного топлива (например, водородного или топлива на основе сжиженного природного газа), биотоплива [47; 672–687];
2. Разработки, направленные на совершенствование технических и экологических характеристик авиадвигателя (снижение массы, увеличение надежности и тяги, уменьшение выбросов, снижение уровня шума), в том числе за счет новых конструкторских подходов [688–694] и новых типов двигателей, в частности, электродвигателей [695–700], гибридных двигателей [152; 701–712];
3. Разработка новых материалов и композитных порошков для деталей и поверхностей двигателя [713–722];
4. Применение аддитивного производства для отдельных узлов [723–739];

5. Внедрение цифровых технологий, цифрового проектирования и моделирования в процессы разработки двигателей, в том числе технологии разработки цифровых двойников, компьютерного и суперкомпьютерного инжиниринга [740–752].

Кроме этого, стоит отметить проекты, направленные на внедрение цифровых технологий в производственную деятельность двигателестроительных предприятий, в частности, для контроля производственных и технологических процессов, оптимизации логистики, поддержки двигателей на всех стадиях жизненного цикла и др., что в целом соответствует тенденциям, связанным с развитием Индустрии 4.0 и совершенствованием деятельности крупных промышленных компаний в целях повышения эффективности. Например, в рамках реализации дорожной карты высокотехнологичного направления «Новое индустриальное программное обеспечение»²³ компании АО «ОДК-Авиадвигатель» и АО «ОДК-Пермские моторы» (входят в АО «ОДК») начали реализацию проекта по импортозамещению программных продуктов Siemens NX и Teamcenter к 2027 году за счет решений АО «АСКОН – Системы проектирования». Проект направлен на поддержание стабильности конструкторских и технологических работ на всех этапах жизненного цикла авиационных двигателей и минимизации вероятности нарушения ритмичности производственных процессов [755; 756].

Также стоит упомянуть реализацию проекта ПАО «ОДК-Сатурн» совместно с Центром НТИ СПбПУ по разработке автоматизированной подсистемы «Электронное «Дело изделия» для сопровождения серийно изготавливаемых сложных технических изделий с длительным сроком жизненного цикла и внедрение в составе Цифровой платформы по разработке и применению цифровых двойников CML-Bench® [757–759]. Проект направлен на разработку автоматизированной системы, обеспечивающей прием, хранение и управление электронными документами, входящими в состав «Дела изделия», с последующим созданием эталонного «Дела изделия» и обеспечением передачи данных об изделии на разных стадиях жизненного цикла изделия – разработки, производства, эксплуатации. «Дело изделия» оформляется для серийно выпускаемой продукции, в том числе для авиационных газотурбинных двигателей.

Далее приведена таблица, в которой проанализированы технологии, применяемые мировыми лидерами рынка при разработке авиадвигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов.

²³ Дорожная карта развития высокотехнологичной области «Новое индустриальное программное обеспечение» (НИПО) утверждена Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности от 14.12.2022 № 56 [753]. Дорожная карта НИПО разработана в рамках реализации соглашения о намерениях между Правительством России, Госкорпорацией «Росатом» и Госкорпорацией «Ростех» от 27.08.2020 г. (в соответствии с распоряжением Правительства России от 16.07.2020 г. № 1861-р) в целях объединения и координации совместных усилий, направленных на ускорение технологического развития, достижение Россией лидерства в высокотехнологичной области «Новые производственные технологии» (в 2022 году в соответствии с решением Правительства России высокотехнологичное направление «Новые производственные технологии» заменено на «Новое индустриальное программное обеспечение») и импортозамещение индустриального программного обеспечения. В перечень экспертных организаций, привлекаемых для проведения научно-технической экспертизы результатов реализации соглашений о намерениях между Правительством РФ и заинтересованными организациями в целях развития отдельных высокотехнологичных направлений, вошли Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ и Центр НТИ СПбПУ [754].

Стоит отметить, что при разработке сложного наукоемкого двигателя, как правило, применяется множество передовых технологий, однако в таблице представлены технологии, которые позволили принципиально улучшить конструкцию двигателя.

В блоке двигателей беспилотных летательных аппаратов приведены в том числе двигатели, применяемые для пилотируемых воздушных судов. Для анализа использовалась информация, представленная в открытых интернет-источниках.

Таблица 10. Анализ авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов в разрезе применяемых технологий

№	Двигатель	Тип двигателя, применимость	Экологические характеристики, включая топливные технологии и использование альтернативных видов топлива	Применяемые передовые производственные технологии
Авиационные двигатели				
1	GE9x (GE Aerospace) [760]	турбовентиляторный; предназначен для пассажирских самолетов	Возможно использование смеси 30% экологически чистого авиационного топлива (SAF) с обычным авиатопливом, что позволяет уменьшить объем выбросов на 15% и повысить топливную эффективность на 15% в сравнении с предыдущим поколением двигателей [761]; Первый трансатлантический перелет большого грузового коммерческого самолета с применением SAF в 2011 году [762]	Применение лопастей и корпуса вентилятора из композитного углеродного волокна повысило топливную эффективность за счет увеличения термостойкости, обеспечило прочность и легкость системы [763] Установлены детали, напечатанные на 3D-принтере [763] Применение цифрового проектирования и моделирования позволило снизить вес конструкции [763]
2	GE9X (GE Aerospace)	турбовентиляторный; предназначен для пассажирских самолетов	Технология бережливого использования топлива (Lean-burn combustion technologies) за счет сдвоенного завихрителя (Twin Annular Premixing Swirler, TAPS) позволила уменьшить объем выбросов NO _x на 55% ниже действующих нормативных требований [764; 765]	Применение лопастей вентилятора из композитного углеродного волокна повысило топливную эффективность за счет увеличения термостойкости; Установлено пять деталей с применением композитов с керамической матрицей (Ceramic Matrix Composites, CMC) [764; 765] Уменьшен вес двигателя за счет установки компонентов, изготовленных с применением технологий аддитивного производства [765] Моделирование аэродинамики и применение композитов позволило обеспечить степень байпаса 10:1 и тем самым повысить топливную

№	Двигатель	Тип двигателя, применимость	Экологические характеристики, включая топливные технологии и использование альтернативных видов топлива	Применяемые передовые производственные технологии
				эффективность на 10% в сравнении с моделью GE90 (предыдущее поколение) [764; 765]
3	HTF7500E (Honeywell)	турбовентиляторный; предназначен для бизнес-джетов; возможно применение в составе гибридной силовой установки [766]	Экологически чистый двигатель с одиночной кольцевой камерой сгорания SABER (Single Annular comBustor for Emissions Reduction), обеспечивающий сокращение уровня выбросов на 25% в сравнении с предыдущим поколением, что значительно ниже стандартов комитета по охране окружающей среды (CAEP) Международной организации гражданской авиации (ICAO); Возможно использование 100% экологически чистого авиационного топлива (SAF) [767–772]	<p>Применение новых материалов для горячих и холодных частей, в частности, для статора вентилятора, корпуса впускного отверстия, в целях повышения надежности, производительности и обеспечения экономической эксплуатации;</p> <p>Применение монокристаллической смеси для изготовления лопаток турбины позволило повысить прочность и термоустойчивость системы [767; 770; 771]</p> <p>Выполнены CFD-расчеты потоков в камере сгорания SABER, что позволило улучшить конструкцию, после чего была подтверждена ее эффективность в ходе натурных испытаний на стенде [767; 769; 771]</p>
4	T55-714C (Honeywell)	турбовальный; предназначен для вертолетов	Обновленный модуль компрессора позволил уменьшить расход топлива на 8% и обеспечить повышение общей надежности на 25%, а также увеличение срока службы компрессора на 40% [773–778]	н/д
5	PW4000 (Pratt & Whitney)	турбовентиляторный; предназначен для пассажирских самолетов	<p>Применяется технология снижения уровня NO_x TALON, камера сгорания оснащена топливными форсунками для улучшенного распыления и смешивания топлива, что обеспечивает тщательное горение и низкий уровень выбросов;</p> <p>Уровень шума и выбросов ниже действующих нормативных требований [779]</p>	Применение жаропрочных материалов с монокристаллами и сверхлегких сплавов позволило повысить топливную эффективность и надежность конструкции [779; 780]
6	GTF™/PW1000G (Pratt & Whitney)	турбовентиляторный	Редуктор позволил повысить топливную эффективность на 16–20%, снизить уровень выбросов NO _x на	На поверхность турбины нанесены передовые материалы, за счет чего система обладает меньшим весом и может работать при экстремальных

№	Двигатель	Тип двигателя, применимость	Экологические характеристики, включая топливные технологии и использование альтернативных видов топлива	Применяемые передовые производственные технологии
		двигатель с редуктором [781]; предназначен для пассажирских самолетов	50% и уровень шума на 75% [782–784]; Возможно использование 100% экологически чистого топлива без потери производительности и уровня безопасности [785–787]	температурах, тем самым снижая влияние на экологию [782]; Использование алюминиевого сплава для лопастей позволило снизить вес и стоимость конструкции, обеспечив при этом требуемую прочность и устойчивость к усталости, повысив на 2% аэродинамическую эффективность [788] Применение селективной лазерной плавки для производства деталей турбины позволило ускорить производство деталей разного уровня сложности; 24 детали двигателя изготовлены с применением аддитивных технологий для облегчения веса и обеспечения уникальной формы высокой эффективности [789–791] Применение инструментов цифрового проектирования и моделирования для аддитивного производства; Проведение конечно-элементного моделирования для системы крепления; Применение продуктов Ansys для моделирования в целях обеспечения экологичности двигателя [791–794]
7	F135 (Pratt & Whitney)	турбореактивный; предназначен для истребителей	Разработка Engine Core Update (ECU) для управления топливной системой позволила повысить мощность и топливную эффективность [605; 795; 796]	Применение уникальных передовых материалов для обеспечения высокой эффективности системы [605; 795; 796] Применение интегрированных инструментов мониторинга и прогнозирования поведения [795; 797]
8	PW300 (Pratt & Whitney Canada)	турбовентиляторный; предназначен для бизнес-джетов	Разработана система контроля расхода топлива для камеры сгорания TALON™, обеспечивающая низкий уровень выбросов и высокую топливную эффективность [798; 799]	Изготовлены легкие износостойкие титановые лопасти; Применяются жаропрочные материалы для турбины высокого давления; Поверхности изготовлены из материалов, стойких к коррозии [798; 799]

№	Двигатель	Тип двигателя, применимость	Экологические характеристики, включая топливные технологии и использование альтернативных видов топлива	Применяемые передовые производственные технологии
9	M88 (Safran)	турбовентиляторный; предназначен для истребителей	н/д	<p>Применение металлических порошков для дисков;</p> <p>Монокристаллические лопатки турбин, керамическое покрытие, термоструктурные композиты для улучшения конструкции двигателя [800]</p> <p>Повышение объема производства в три раза за счет цифровых технологий, в том числе за счет инструментов цифрового проектирования и моделирования, CFD-расчетов, применения платформы 3DEXPERIENCE® (разработана Dassault Systèmes) [801]</p>
10	Arriel (Safran Helicopter Engines)	турбовальный; предназначен для вертолетов	<p>Кольцевая камера сгорания обеспечивает высокую топливную эффективность и низкий уровень выбросов;</p> <p>Возможно использование экологически чистого авиационного топлива (SAF) [802]</p>	<p>Повышенная мощность и термостойкость за счет применения новых материалов при изготовлении лопаток [803; 804]</p> <p>Повышение эффективности процесса разработки за счет инструментов цифрового проектирования и моделирования, CFD-расчетов, применения платформы 3DEXPERIENCE® (разработана Dassault Systèmes) [801]</p>
11	UltraFan (Rolls-Royce)	турбовентиляторный; предназначен для пассажирских самолетов	<p>Повышенная топливная эффективность на 10% в сравнении с наиболее эффективной моделью Trent XWB и на 25% в сравнении с первым поколением Trent;</p> <p>Выделение азота на 40% ниже, на 35% меньше шума;</p> <p>Экономичная система сгорания топлива AL-ECSys (Advanced Low Emissions Combustion System) за счет смешивания топлива и воздуха перед зажиганием;</p> <p>Возможно использование 100% экологически чистого авиационного</p>	<p>Для производства лопастей вентилятора применены углеродные композиты с титановыми передними кромками и композиты для корпуса двигателя, что позволяет выдерживать высокую температуру на входе турбины, повышает топливную эффективность и обеспечивает низкий вес [594; 808; 809]</p> <p>Применение 3D-печати для производства композитных деталей вентилятора, что обеспечивает точность и легкость деталей [594; 678; 809]</p> <p>Применение цифрового проектирования и моделирования для проведения цифровых испытаний двигателя [594]</p>

№	Двигатель	Тип двигателя, применимость	Экологические характеристики, включая топливные технологии и использование альтернативных видов топлива	Применяемые передовые производственные технологии
			топлива (SAF) [594; 596; 678; 805–807]	
12	AE2100 (Rolls-Royce)	турбовинтовой; предназначен для пассажирских и военных самолетов; возможно применение в составе гибридной электрической установки, гибридной водородной установки [594; 810–813]	Возможно использование водородного топлива [594; 812; 813]	Монокристаллические лопатки турбины и цельнокомпозитные детали обеспечивают необходимую тягу [814] Применение цифрового проектирования и моделирования в целях проведения цифровых испытаний системы на достижимость технических параметров [815]
13	Pearl 10X (Rolls-Royce)	турбовентиляторный; предназначен для бизнес-джетов	Конструкция камеры сгорания обеспечивает сверхнизкий уровень выбросов, уровень шума и выбросов ниже на 5% в сравнении с предыдущим поколением; Возможно использование 100% экологически чистого авиационного топлива (SAF) [805; 816–818]	Применение композитов для изготовления ряда деталей (перепускные каналы, крышки люков для техобслуживания, втулки вентилятора, обтекатель, проходная втулка) для обеспечения точности [819] Для печати плиток камер сгорания со встроенными отверстиями для охлаждения используется технология аддитивного нанесения слоев (Additive Layer Manufacturing, ALM), что обеспечивает экологичность производства [817; 818] Применение цифрового проектирования и моделирования для прогнозирования производительности двигателя и снижения количества натурных испытаний до необходимого, следовательно, снижения количества опытных образцов [817]
14	Trent 1000 (Rolls-Royce)	турбовентиляторный; предназначен для самолетов	Конструктивные улучшения компрессора для повышения герметичности и топливной эффективности; Сертифицирован для работы на 50% экологически чистом авиационном топливе (SAF); Возможно использование 100% экологически чистого	Применение композитов, в частности, титаново-алюминиевых сплавов, в производстве лопастей вентиляторов и их корпусов в целях снижения массы, повышения надежности и улучшения аэродинамических характеристик [820] Применение моделирования для изучения воздушных потоков, улучшения аэродинамических

№	Двигатель	Тип двигателя, применимость	Экологические характеристики, включая топливные технологии и использование альтернативных видов топлива	Применяемые передовые производственные технологии
			авиационного топлива [805; 820; 821]	характеристик и управления потоками, проходящими через двигатель [820]
15	915 iS (Rotax)	поршневой; предназначен для сверхлегких и легких спортивных самолетов, небольших вертолетов; возможно применение в составе гибридной силовой установки с электродвигателем [822; 823]	Технология впрыска iS позволяет минимизировать выбросы выхлопных газов; При подаче топлива ниже 97% после старта и набора высоты двигателя автоматически переключаются в экономичный режим для повышения топливной эффективности [822; 824]	Применение цифрового проектирования и моделирования для испытаний двигателей на цифровом (виртуальном) стенде [823; 825]
16	ПД-14 ²⁴ (АО «ОДК-Авиадвигатель» и АО «ОДК-Пермские моторы», АО «ОДК») [826]	турбореактивный; предназначен для пассажирских самолетов	Выброс вредных веществ в атмосферу снижен на 20% по сравнению с двигателями предыдущего поколения [827; 828]	<p>Применяется около 20 новых российских сертифицированных материалов, которые позволили снизить расход топлива;</p> <p>Лопатки турбины из легчайшего интерметаллида титана;</p> <p>Никелевые жаропрочные сплавы для турбины высокого давления – монокристаллический рений-рутениевый сплав для рабочих лопаток и интерметаллидный для сопловых лопаток с высокоресурсными жаростойкими и комплексными теплозащитными покрытиями;</p> <p>Высокопрочная сталь для валов турбины и деталей подвески;</p> <p>Жаропрочные никелевые и титановые сплавы для дисков компрессора и турбины высокого давления;</p> <p>Сплав ЭП648-ПС для получаемых по аддитивным технологиям</p>

²⁴ Моделями нового поколения на основе ПД-14 выступают двигатели ПД-8, ПД-35, в основе которых будут применены в том числе технологии нынешнего поколения двигателей.

№	Двигатель	Тип двигателя, применимость	Экологические характеристики, включая топливные технологии и использование альтернативных видов топлива	Применяемые передовые производственные технологии
				<p>завихрителей фронтального устройства камеры сгорания;</p> <p>Для защиты замков лопаток вентилятора разработано фреттингостойкое шликерное покрытие;</p> <p>Конструкция мотогондолы (детали и агрегаты) на 65% состоит из отечественных полимерных композитов (угле- и стеклопластики), что обеспечивает необходимый уровень шумоизоляции и снижение массы двигателя [827]</p> <p>Аддитивные технологии для производства завихрителей, ультралегких высокотемпературных лопаток и др., за счет чего возможны экономия материала, экономия времени и обеспечение качества деталей [829–831]</p> <p>Применение технологий цифрового проектирования и моделирования способствовало сокращению временных и финансовых затрат на проведение натурных испытаний – при испытаниях на стенде производительность возросла в 4–6 раз, на летающей лаборатории производительность испытаний увеличилась в 6–9 раз [830]</p>
17	CJ-1000A (АЕСС)	турбовентиляторный; предназначен для пассажирских самолетов	Низкий расход топлива, низкий уровень шума и выбросов в сравнении с предыдущим поколением за счет системы с высоким коэффициентом байпаса [832–834]	<p>Лопасты изготовлены из титановой стали, что обеспечивает высокую прочность и легкость [833–835]</p> <p>Применение 3D-печати для топливных форсунок одиночной кольцевой камеры сгорания [836; 837]</p>
18	CFM LEAP (CFM, совместное предприятие Safran и GE Aerospace)	турбовентиляторный; предназначен для пассажирских самолетов	<p>Экспериментальный полет на пассажирском самолете с использованием 100% экологически чистого авиационного топлива (SAF) для одного из двух двигателей;</p> <p>Двигатели потребляют на 40% меньше топлива в</p>	<p>Лопасты вентилятора из композитного углеродного волокна;</p> <p>Одна деталь с применением Ceramic Matrix Composites (CMC) в горячей части двигателя, что позволило повысить эффективность на 15%;</p>

№	Двигатель	Тип двигателя, применимость	Экологические характеристики, включая топливные технологии и использование альтернативных видов топлива	Применяемые передовые производственные технологии
			сравнении с двигателями, разработанными в 1970–1980-е годы [762; 765; 838]	<p>Применение формования с переносом смолы (Resin Transfer Molding) [765; 838]</p> <p>Для изготовления композитных лопастей вентилятора применяются технологии 3D-печати [765; 838]</p> <p>Применение технологий Индустрии 4.0 и создание передовой фабрики (Factory 4.0) для налаживания производственного процесса [838]</p>
19	CFM 56 (CFM, совместное предприятие Safran и GE Aerospace)	турбовентиляторный; предназначен для пассажирских самолетов	<p>Сокращение выбросов азота на 40% за счет двойной кольцевой камеры сгорания;</p> <p>Повышенная топливная эффективность за счет улучшения аэродинамики и конструктивных изменений компрессоров и камеры сгорания (двойной кольцевой, с системой внутренней закрутки потока Twin Annular Premixing Swirler burner) [839–843]</p>	<p>Монокристаллические жаропрочные материалы лопаток для повышения прочности и сопротивления ползучести системы [840; 841]</p> <p>Применение аддитивного производства деталей для повышения их точности [844]</p> <p>Цифровое проектирование и моделирование аэродинамики рабочих лопаток позволило повысить КПД ступеней, снизить количество лопаток каждой ступени, общую массу двигателя [840; 841; 845]</p>
20	V2500 (International Aero Engines AG (IAE), консорциум Pratt & Whitney, MTU Aero Engines, Japanese Aero Engine Corporation)	турбовентиляторный; предназначен для пассажирских и военных самолетов	<p>Самый экономичный и тихий двигатель семейства Airbus A320neo с топливной эффективностью на 3% лучше в сравнении с аналогами, двигатель с самым низким уровнем выбросов;</p> <p>Сертифицирован для использования смеси с 50% экологически чистым авиационным топливом (SAF) [580; 846; 847]</p>	Диски турбин из порошкового металла, монокристаллические лопатки турбины с повышенной прочностью и меньшим весом [847]
Авиационные двигатели, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов				
21	CT7 / T700 (GE Aerospace)	турбовальный; предназначен для бизнес-джетов, вертолетов, в том числе БПЛА; возможно применение в составе	<p>Один из лучших в своем классе по удельному расходу топлива;</p> <p>Сертифицирован для работы на экологически чистом авиационном топливе (SAF), что поможет снизить зависимость от</p>	<p>Применение аддитивных технологий для изготовления деталей, замена 900 деталей на 16, уменьшение веса и повышение прочности и долговечности деталей [850]</p> <p>Передовой компрессор с более высокой производительностью разработан с использованием новой</p>

№	Двигатель	Тип двигателя, применимость	Экологические характеристики, включая топливные технологии и использование альтернативных видов топлива	Применяемые передовые производственные технологии
		гибридной силовой установки с электрогенератором [848; 849]	ископаемого топлива [762; 849]	разработки GE – технологии 3D-расчетов аэродинамики (3D Aero); Применение CAD- и CAM-систем, а также платформы GE Predix Platform для разработки деталей, в том числе аддитивного производства [850; 851]
22	F100 (Pratt & Whitney)	турбореактивный; предназначен для истребителей, в том числе БПЛА [852; 853]	Возможно использование биотоплива Hydrotreated Renewable Jet (HRJ), синтетического топлива [854]	н/д
23	HTS900 (Honeywell)	турбовальный; предназначен для вертолетов, в том числе БПЛА; возможно применение в составе гибридной силовой установки с электрогенератором [498; 855–860]	Топливная эффективность на 17% выше в сравнении с двигателями предыдущего поколения; Возможно использование биотоплива [859; 861; 862]	Применение монокристаллической смеси для лопаток турбины повысило прочность системы и термостойкость [862]
24	914F (Rotax)	поршневой; предназначен для сверхлегких и легких спортивных самолетов, небольших вертолетов, БПЛА [511; 519]	н/д	Применение цифрового проектирования и моделирования для испытаний двигателей на цифровом (виртуальном) стенде [825]
25	Ardiden 3TP (Safran Helicopter Engines)	гибридный (турбовинтовой с электрической установкой); предназначен для вертолетов и самолетов с неподвижным крылом, в том	Компактная и легкая архитектура пропеллера Tech TP позволяет применять электрическое управление винтом для новых режимов работы (руления и добавления вспомогательной мощности в полете) и тем самым обеспечивает снижение расхода топлива и	Применение монокристаллических сплавов для лопаток в целях повышения термостойкости [863] Применение селективного лазерного плавления для производства деталей, в частности, завихрителей камеры сгорания, для большей точности [870]

№	Двигатель	Тип двигателя, применимость	Экологические характеристики, включая топливные технологии и использование альтернативных видов топлива	Применяемые передовые производственные технологии
		числе БПЛА [863–867]	выбросов на 18% по сравнению с предыдущим поколением двигателей [863–866; 868; 869]	Применение CAD- и САМ-систем для аддитивного производства; Повышение эффективности процесса разработки за счет инструментов цифрового проектирования и моделирования, CFD-расчетов, применения платформы 3DEXPERIENCE® (разработана Dassault Systèmes) [801]
26	AE 3007 (военное обозначение в США – F137) (Rolls-Royce)	турбовентиляторный; предназначен для бизнес-джетов, военных самолетов, самолетов-разведчиков, БПЛА [524; 871]	Применение ширококордных лопастей вентилятора позволили оптимизировать расход топлива [524; 872]	н/д
27	Tempest (Rolls-Royce)	гибридный (реактивный с электрической установкой); предназначен для истребителей, в том числе БПЛА [873; 874]	Встроенные интеллектуальные алгоритмы (система Power Manager) для выявления потребности в электроэнергии и оптимизации расхода топлива [873]	Применение передовых композитных материалов для вентилятора, камеры сгорания, выхлопной системы для обеспечения термостойкости, легкости и улучшенной аэродинамики [873] Применение аддитивного производства деталей
28	ВК-650В (АО «ОДК-Климов», АО «ОДК»)	турбовальный; предназначен для вертолетов, в том числе БПЛА; возможно применение в составе гибридной силовой установки [875–880]	н/д	Сопловые аппараты, корпусные детали турбин, завихрители камеры сгорания изготовлены из отечественных металлопорошковых композиций сплавов на основе никеля и титана [881; 882] Применение аддитивных технологий (3D-печати), технологии сварки и пайки аддитивных деталей при изготовлении 12% деталей опытных образцов (сопловые аппараты турбин, переходной канал и др.) в целях облегчения конструкции, оптимизации процессов производства и стоимости [876; 879–883]

№	Двигатель	Тип двигателя, применимость	Экологические характеристики, включая топливные технологии и использование альтернативных видов топлива	Применяемые передовые производственные технологии
				<p>Расчеты всех элементов проточной части выполнены с помощью методик 3D-оптимизации;</p> <p>Применение цифрового двойника на стадии разработки в целях повышения качества двигателя и уменьшения стоимости проекта, на стадии эксплуатации в целях оптимизации работы двигателя и прогнозирования сбоев [875; 876; 879; 881; 884; 885]</p>
29	ВК-1600В (АО «ОДК-Климов», АО «ОДК»)	турбовальный; предназначен для вертолетов, в том числе БПЛА [531; 886]	Лучшая топливная экономичность в классе [531; 887]	<p>Применение композитных материалов в производстве деталей [887; 888]</p> <p>Применение аддитивных технологий (3D-печати) для 10% деталей двигателя (включая 70% деталей, изготавливаемых литьем – сопловые аппараты, корпус первой опоры, корпус опор турбины и другие элементы горячей части) в целях сокращения сроков изготовления и массы деталей, повышения прочности и производительности двигателя [886–891]</p> <p>Расчеты всех элементов проточной части выполнены с помощью методик 3D-оптимизации;</p> <p>Применение PDM-системы для обеспечения управления информацией;</p> <p>Применение технологий цифрового проектирования и моделирования в целях оптимизации процессов испытаний системы [887; 889; 891; 892]</p>
30	АИ-222-25 (ПК «Салют», АО «ОДК»)	турбореактивный; предназначен для учебно-тренировочных, учебно-боевых и легких самолетов, в том числе БПЛА [893; 894]	<p>Низкий удельный расход топлива позволяет экономить топливо и увеличить расстояние беспересадочного перелета;</p> <p>Расход топлива на 21% ниже в сравнении с аналогами [894; 895]</p>	<p>Применяются жаропрочные титановые сплавы для дисков и лопаток компрессора для обеспечения прочности и термической стабильности деталей [896–898]</p> <p>Применение цифрового двойника с целью автоматизации процессов, повышения эффективности проектирования,</p>

№	Двигатель	Тип двигателя, применимость	Экологические характеристики, включая топливные технологии и использование альтернативных видов топлива	Применяемые передовые производственные технологии
				снижения себестоимости и количества натурных испытаний [894; 899–902]
31	AES100 (AECC)	турбовальный; предназначен для гражданских и военных вертолетов, в том числе БПЛА [903; 904]	Расход топлива на 10% ниже в сравнении с предыдущим поколением [905; 906]	н/д

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам компаний и открытых интернет-источников, 2023

В целях соответствия тенденциям, связанным со снижением влияния авиации на окружающую среду, следования государственным и международным программам поддержки по данному направлению, а также в целях улучшения технических и экологических характеристик двигателей мировыми лидерами проводятся исследования, направленные на достижение следующих эффектов:

- уменьшение выбросов углекислого газа (CO_2) и уменьшение углеродного следа;
- уменьшение выбросов азота (NO_x) при сжигании топлива;
- снижение уровня шума в близости аэропортов и населенных пунктов;
- увеличение топливной эффективности, экономичности эксплуатации, срока службы двигателей;
- обеспечение легкости, прочности, термоустойчивости и долговечности деталей двигателей;
- повышение производительности системы, оптимизация работы двигателя;
- снижение временных и финансовых затрат на стадиях разработки, производства, эксплуатации;
- другое.

Таким образом, разработка двигателя требует высокого уровня развития фундаментальных и прикладных наук, а также внедрения комплекса передовых производственных технологий [907] в процессы разработки и производства авиадвигателей. Новые поколения высокоскоростных двигателей летательных аппаратов могут быть созданы только при максимальном и комплексном использовании современных достижений различных отраслей науки и техники: материаловедения, аэродинамики, прочности, термодинамики, термохимии и др. [908] Научно-технологическое развитие указанных областей знаний определяет и способствует дальнейшему развитию авиации и формирует задел, обеспечивающий достижение задач, стоящих перед современной авиадвигателестроительной отраслью с учетом экологических, геополитических, технологических и отраслевых тенденций.

По результатам проведенного анализа можно сделать вывод о важности комплексного подхода к улучшению технических характеристик разрабатываемых двигателей – с применением новых видов топлива, применением новых материалов и сплавов, внедрением аддитивных технологий в производство, внедрением технологий цифрового проектирования и моделирования, что позволит компаниям оставаться лидерами на рассматриваемом рынке и соответствовать высоким требованиям авиационной отрасли [909–911].

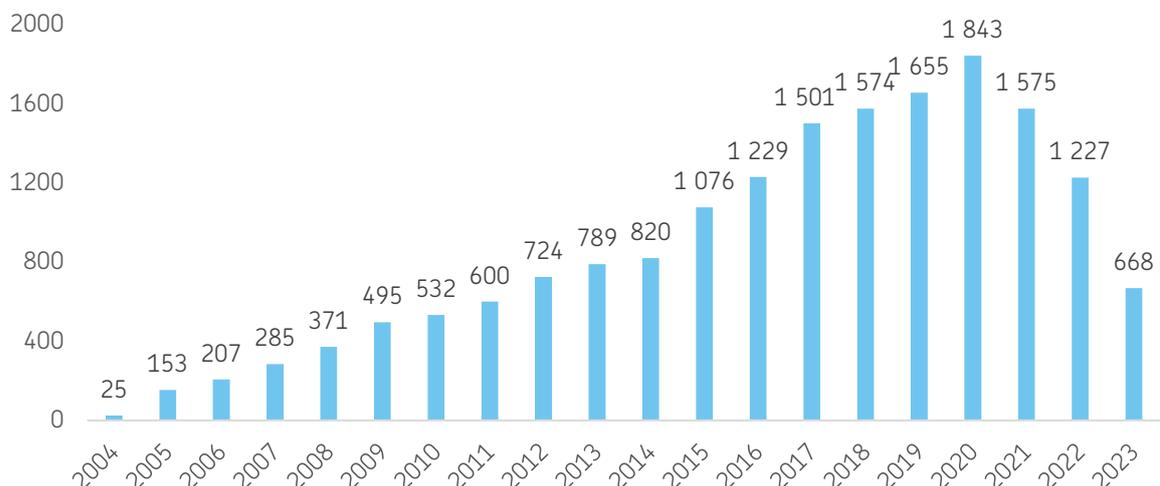
4.2. Обзор ключевых научных разработок в России и мире по результатам библиометрического и патентного анализа

В рамках раздела представлены результаты библиометрического и патентного анализа по тематике авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов на основе платформы поиска патентной и научной литературы The Lens (lens.org)²⁵.

Патентный и библиометрический анализ по тематике авиационных двигателей

Для отбора патентов по тематике авиационных двигателей был использован запрос “aircraft engine” (авиационный двигатель). Поиск осуществлялся в ключевых словах, заголовках и аннотациях за период с 1993 года по настоящее время (1 декабря 2023 года). Всего за 30 лет было опубликовано 17 348 действующих патентов по рассматриваемой тематике. При этом нижняя граница выгрузки – 2004 год, то есть в настоящий момент действуют патенты, утвержденные начиная с 2004 года.

Рисунок 7. Количество действующих патентов по тематике авиационных двигателей, ед., 2004–2023 годы

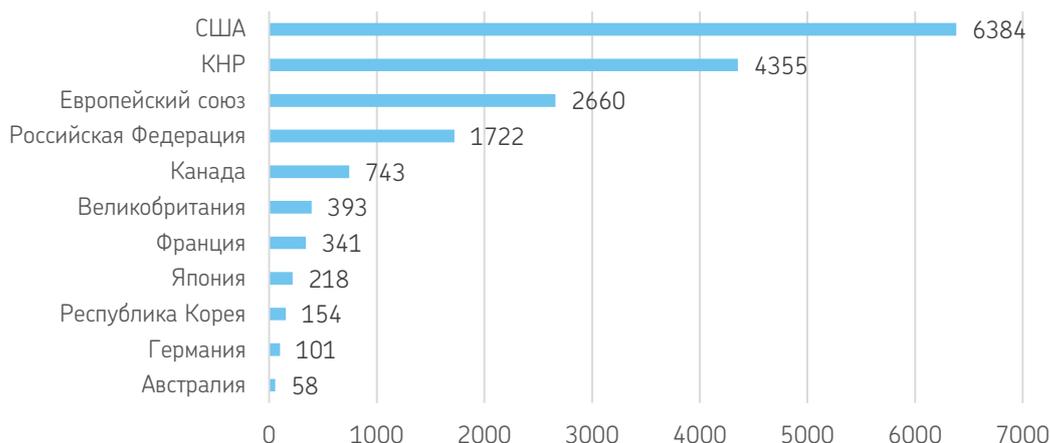


Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

²⁵ The Lens обслуживает более 200 миллионов научных записей, скомпилированных и унифицированных из Microsoft Academic, PubMed и Crossref, дополненных информацией открытого доступа OpenAlex и UnPaywall и ссылками на ORCID [912].

Большая часть действующих патентов относится к периоду 2015–2021 годов, при этом наблюдается ежегодное увеличение числа патентов. Наибольшая часть приходится на 2020 год – 1843 патента. В 2021 и 2022 годах количество защищенных патентов снизилось до 1575 ед. и 1227 ед. соответственно, что может быть связано с длительностью процедуры патентования (часть патентов, поданных в 2021, 2022 и 2023 годы, будет одобрена в последующие годы).

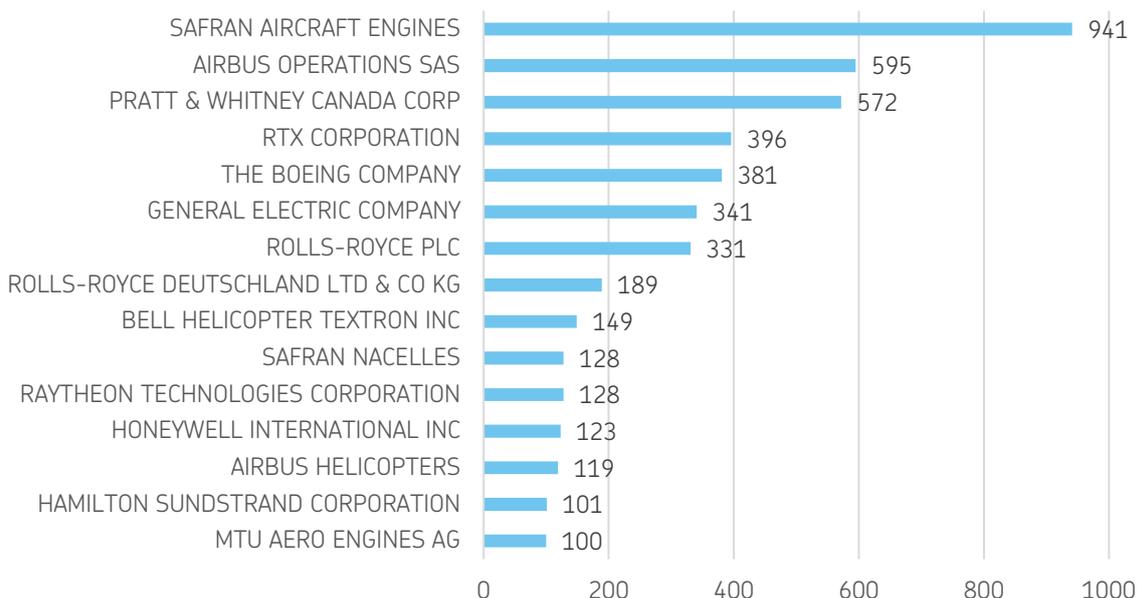
Рисунок 8. Количество действующих патентов по тематике авиационных двигателей по странам и регионам юрисдикции, ед., 2023 год



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

Наибольшее количество действующих патентов приходится на США (6384 ед.) и КНР (4355). Количество действующих патентов на территории Европейского Союза составляет 2660 единиц (третье место). На четвертом месте в рейтинге – Российская Федерация (1722 патента), на пятом – Канада (743 патентов).

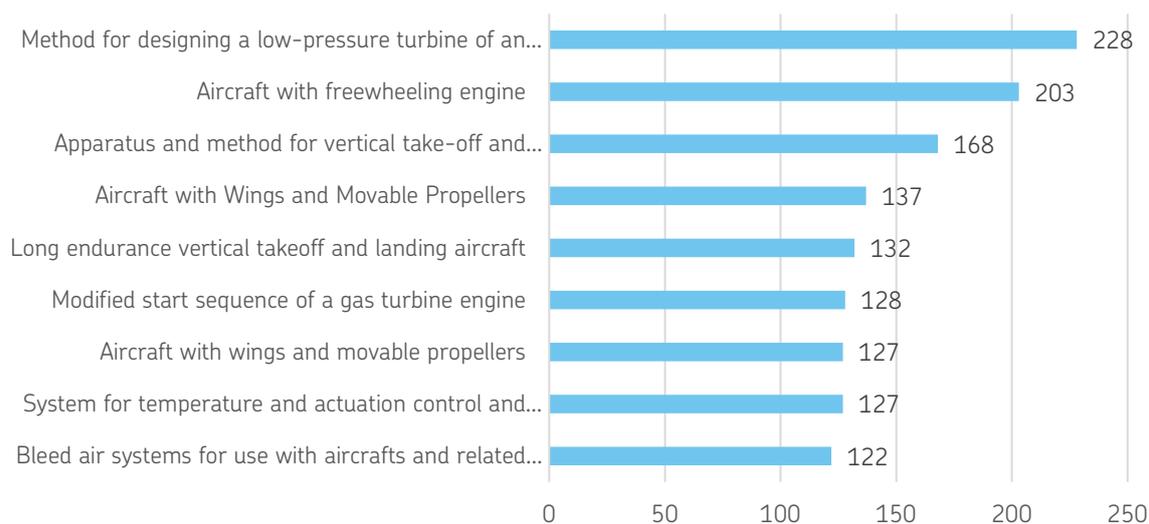
Рисунок 9. Ключевые владельцы действующих патентов по тематике авиационных двигателей, ед., 2023 год



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

Ключевыми владельцами действующих патентов являются глобальные авиастроительные и двигателестроительные корпорации. В топ-5 рейтинга владельцев действующих патентов по тематике авиационных двигателей вошли корпорации Safran (941 патент), Airbus Operations (595 патентов), Pratt & Whitney Canada (572 патента), RTX Corporation (396 патентов), Boeing (381 патент).

Рисунок 10. Наиболее цитируемые действующие патенты по тематике авиационных двигателей, ед., 2023 год



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

В топ-3 наиболее цитируемых патентов по тематике авиационных двигателей входят:

1. N^oW02005100750 – Method for designing a low-pressure turbine of an aircraft engine, and low-pressure turbine, опубликованный в 2005 году MTU AERO ENGINES, 228 цитирований [913]. Патент описывает конструкцию турбины низкого давления авиационного двигателя, в которой количество и расположение лопаток позволяет снизить шум работы ступени турбины;
2. N^oUS20120234968A1 – Aircraft with freewheeling engine, опубликованный в 2012 году индивидуально Фриком Смитом (Frick A. Smith), 203 цитирования [914]. Патент описывает механизм работы авиационной силовой установки в случае, если один из двух двигателей выйдет из строя;
3. N^o US7874513B1 – Apparatus and method for vertical take-off and landing aircraft, опубликованный в 2006 году индивидуально Фриком Смитом (Frick A. Smith), 168 цитирований [915]. Патент описывает механизм работы самолета вертикального взлета и посадки с фиксированным крылом, конструкция которого позволяет винтам поворачиваться из горизонтального положения в вертикальное.

Для выявления ключевых тем патентов использовался инструментарий машинного обучения. Для анализа тем использовалась машинная модель «Латентное размещение Дирихле» (Latent Dirichlet Allocation, LDA) – популярный алгоритм моделирования тем [916–918].

Среди доминирующих тем в патентах по направлению «авиационные двигатели» в соответствии с LDA-моделью выделено:

- ось, структура, корпус (1946 патентов);
- соединенный, пластина корпуса (1322 патента);
- топливо, масло, воздух, давление, тепло (1259 патентов).

Рисунок 11. LDA-модель доминирующих тематик в патентах по направлению «авиационные двигатели», ед., 2004–2023 годы



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

Также для патентного анализа была использована библиотека «Двунаправленный кодировщик на основе искусственного интеллекта» (Bidirectional Encoder Representations from Transformers, BERT), разработанная компанией Google в 2018 году и используемая для обработки естественного языка, в том числе для классификации, генерации, суммаризации текстов. Кроме этого, использовалась производная от BERT модель BERTopic, предполагающая получение векторных представлений текста или эмбедингов²⁶ [97; 98].

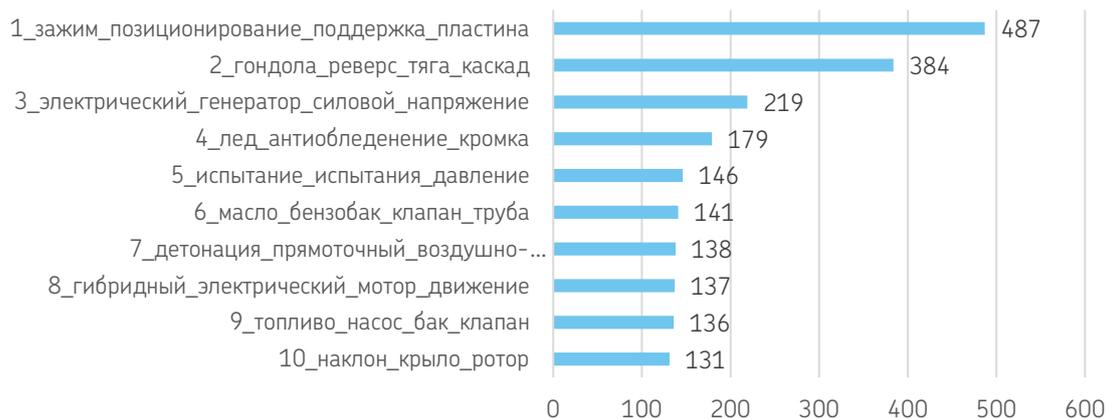
Стоит отметить, что LDA-модель основана на статистических расчетах, BERT-модель учитывает контекст употребления слов, то есть слова, которые встречаются в похожих контекстах и имеют близкие значения [919].

²⁶ Эмбединг – процесс и/ или результат преобразования языка (слова, словосочетания, предложения или текста целиком) в числовой вектор [917].

Так, в соответствии с BERT-моделью ключевыми тематиками патентов в области авиационных двигателей являются:

- зажим, позиционирование, поддержка, пластина (487 патентов);
- гондола, реверс, тяга, каскад (384 патента);
- электрический, генератор, силовой, напряжение (219 патентов).

Рисунок 12. BERT-модель доминирующих тематик в патентах по направлению «авиационные двигатели», ед., 2004–2023 годы



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

Поиск научных публикаций в The Lens осуществлялся по запросу “aircraft engine” (авиационный двигатель)²⁷ в заголовке, ключевых словах и аннотациях научных публикаций, информация была отфильтрована, в выборку попали документы с DOI. Также проведено ранжирование по типам документов: научные статьи, тезисы докладов, стандарты, диссертации.

Рисунок 13. Динамика изменения количества научных публикаций по тематике авиационных двигателей, ед., 1991–2023 годы



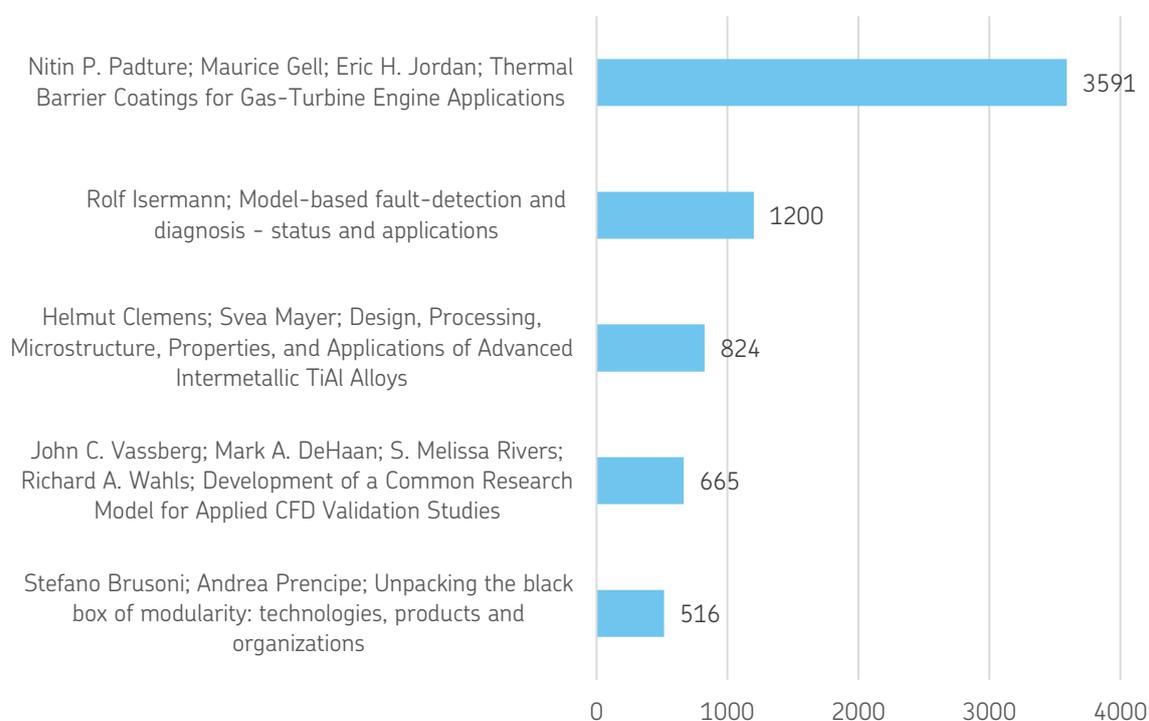
Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

²⁷ Из поисковых полей были дополнительно удалены «юридические науки» и «политические науки».

За период с 1991 года по 2023 год было найдено 10 553 научных публикации. По результатам анализа наблюдается постепенный рост ежегодного количества научных публикаций в рассматриваемой теме.

Лидером по цитированию среди научных публикаций по тематике авиационных двигателей выступает статья «Thermal barrier coatings for gas-turbine engine applications», опубликованная в 2002 году рядом авторов (Nitin P. Padture, Maurice Gell, Eric H. Jordan), 3591 цитирование [920]. В статье приводится обзор используемых в авиационных газотурбинных двигателях высокотемпературных защитных покрытий, описываются их свойства, рассматриваются возможности их совершенствования.

Рисунок 14. Наиболее цитируемые научные публикации по тематике авиационных двигателей, ед., 1991–2023 годы

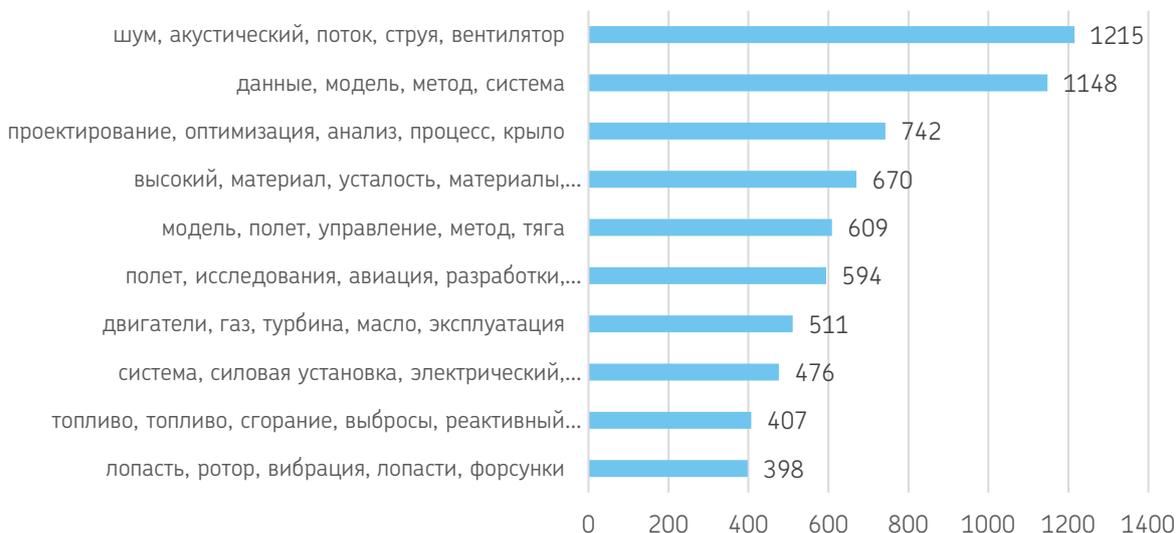


Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

В ходе библиометрического анализа использовалось LDA-моделирование и построение BERT-модели. Среди доминирующих тем в научных публикациях по направлению «авиационные двигатели» в соответствии с LDA-моделью выделено:

- шум, акустический, поток, струя, вентилятор (1215 публикаций);
- данные, модель, метод, система (1148 публикаций);
- проектирование, оптимизация, анализ, процесс, крыло (742 публикации).

Рисунок 15. LDA-модель доминирующих тематик в научных публикациях по направлению «авиационные двигатели», ед., 1991–2023 годы

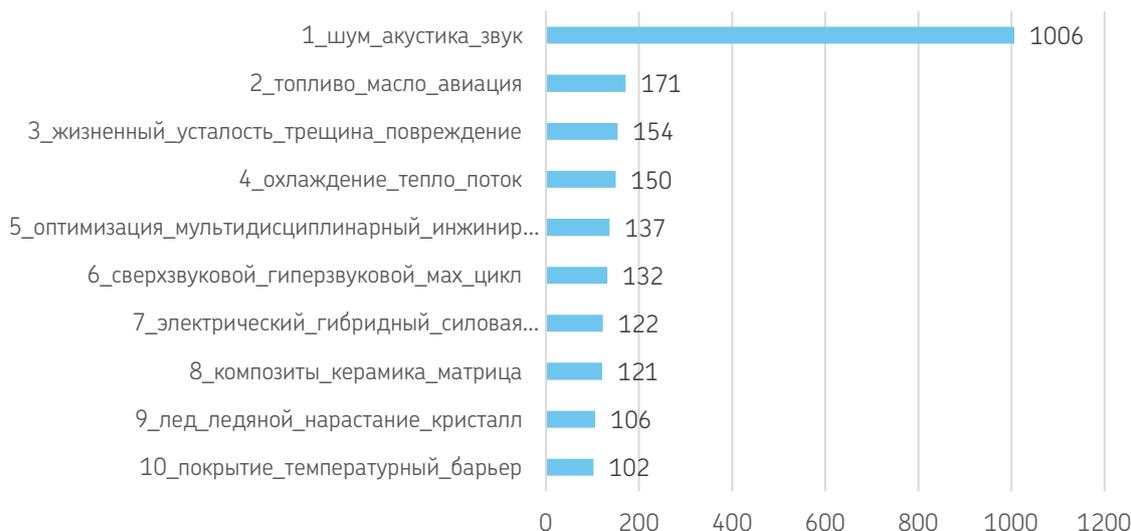


Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

В соответствии с BERT-моделью ключевыми тематиками научных публикаций в области авиационных двигателей являются:

- шум, акустика, звук (1006 научных публикаций);
- топливо, масло, авиация (171 научная публикация);
- жизненный, усталость, трещина, повреждение (154 научных публикации).

Рисунок 16. BERT-модель доминирующих тематик в научных публикациях по направлению «авиационные двигатели», ед., 1991–2023 годы



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

По результатам анализа аннотаций патентов и научных публикаций, выгруженных из базы данных The Lens по тематике авиационных двигателей за период 1991–2023 годы²⁸ эксперты Инфраструктурного центра «Технет» СПбПУ, используя инструменты машинного обучения, выявили 245 тематик исследований. Таким образом, в среднем на одну тематику приходится 84,3 публикации / патента. Наиболее популярные научно-технологические тематики за рассматриваемый период:

1. Выбросы CO₂ (557 публикаций и патентов), ключевые слова: выбросы, сажа, частицы, CO₂, шлейф;
2. Камеры сгорания (225 публикаций и патентов), ключевые слова: камера сгорания, горение, форсунка, распыление;
3. Проектирование и дизайн (211 публикаций и патентов), ключевые слова: проектирование, дизайн, оптимизация, продукт, процесс;
4. Беспилотные авиационные системы (205 публикаций и патентов), ключевые слова: крыло, беспилотный, аппарат, ротор;
5. Конструкции летательных аппаратов (194 публикаций и патентов), ключевые слова: фюзеляж, крыло, проектирование, посадка.

Рисунок 17. Динамика наиболее популярных научно-технологических тематик²⁹ среди научных публикаций и патентов по направлению «авиационные двигатели», ед., 2010–2022 годы



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

По результатам временного анализа наиболее популярных тематик пик активности по теме эмиссии CO₂ пришелся на 2021 год – 48 документов, по теме беспилотных авиационных систем – на 2020 год, 41 документ, по тематике проектирования и дизайна также на 2020 год – 22 документа.

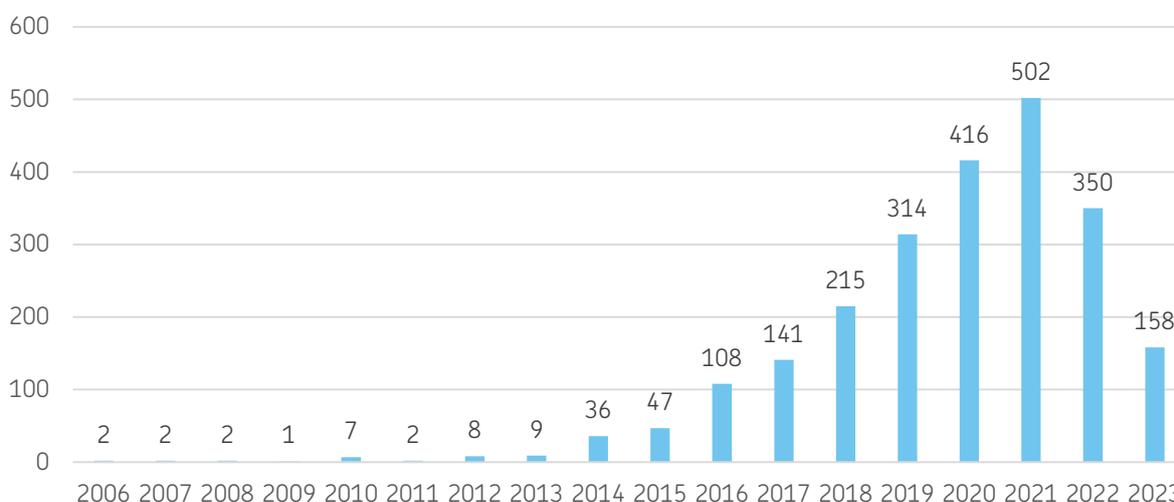
²⁸ Перечень тематик составлен на основе анализа аннотаций 21 582 патентов и научных публикаций из 27 901 (аннотации присутствуют в 9 990 научных публикациях и в 11 592 патентах).

²⁹ Под популярными тематиками в данном анализе понимаются тематики научных публикаций и патентов, объединенные одним научно-технологическим направлением, выявленные в ходе анализа наиболее часто встречающихся слов в аннотации.

Патентный и библиометрический анализ по тематике двигателей беспилотных летательных аппаратов

Для отбора патентов на платформе The Lens по тематике двигателей беспилотных летательных аппаратов был использован запрос “unmanned aerial vehicle engine” (двигатель беспилотного летательного аппарата). Поиск осуществлялся в ключевых словах, заголовках и аннотациях за период с 2006 года по настоящее время (1 декабря 2023 года). Всего за 17 лет было опубликовано 2 320 действующих патентов по рассматриваемой тематике.

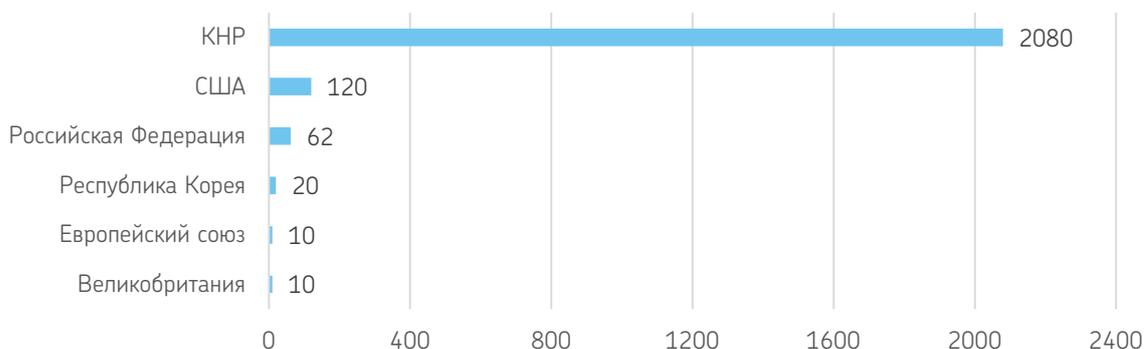
Рисунок 18. Количество действующих патентов по тематике двигателей беспилотных летательных аппаратов, ед., 2004–2023 годы



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

Большая часть действующих патентов приходится на 2021 год – 502 патента. В 2022 и 2023 годах количество защищенных патентов снизилось до 350 ед. и 158 ед. соответственно, что может быть связано с длительностью процедуры патентования (часть патентов, поданных в 2022 и 2023 годы, будет одобрена в последующие годы).

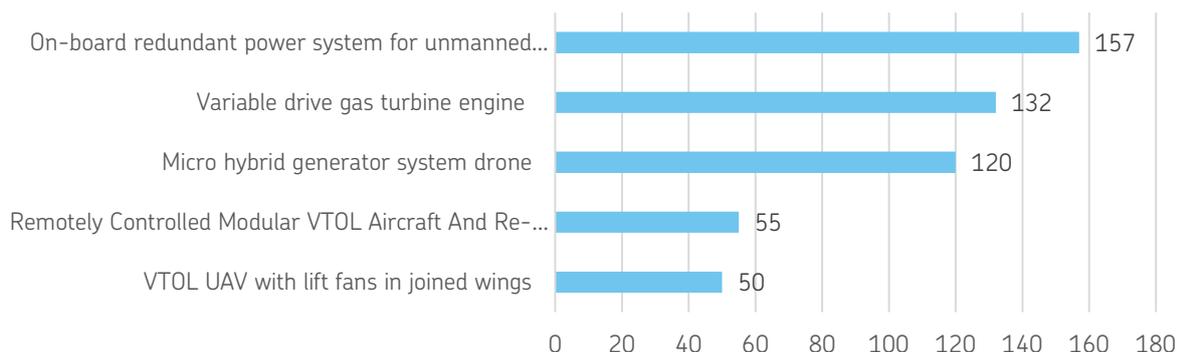
Рисунок 19. Количество действующих патентов по тематике двигателей беспилотных летательных аппаратов по странам и регионам юрисдикции, ед., 2023 год



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

Пятерку стран-лидеров по количеству патентов в рассматриваемой области возглавляет КНР – 2080 патентов, на втором месте с существенно меньшим количеством действующих патентов находится США – 120 патентов, на третьем месте находится Российская Федерация – 62 патента. Четвертое место занимает Республика Корея – 20 патентов, а пятое и шестое место делят между собой – ЕС и Великобритания (по 10 патентов).

Рисунок 20. Наиболее цитируемые действующие патенты по тематике двигателей беспилотных летательных аппаратов, ед., 2023 год



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

В топ-3 наиболее цитируемых патентов по тематике двигателей беспилотных летательных аппаратов входят:

1. N^oUS9771162B1 – On-board redundant power system for unmanned aerial vehicles, опубликованный в 2015 году корпорацией Amazon Technologies Inc., 157 цитирований [921]. Патент описывает конструкцию беспилотного летательного аппарата с резервной системой питания, состоящей из аккумулятора и двигателя внутреннего сгорания;
2. N^oCA2692068C – Variable drive gas turbine engine, опубликованный в 2016 году Rolls Royce plc, 132 цитирования [922]. Патент описывает механизм работы регулируемого привода для газотурбинного двигателя, привод может быть применен для турбовинтовых и турбовентиляторных двигателей беспилотных летательных аппаратов;
3. N^oUS9751626B2 – Micro hybrid generator system drone, опубликованный в 2017 году американским производителем решений по автоматизации беспилотных летательных аппаратов Top Flight Technologies Inc., 120 цитирований [923]. Патент описывает конструкцию беспилотного летательного аппарата с роторным двигателем, который приходит в действие микрогибридным генератором.

Для выявления ключевых тем патентов использовались LDA-модель и BERT-модель. Среди доминирующих тем в патентах по направлению двигателей беспилотных летательных аппаратов в соответствии с LDA-моделью выделено:

- управление, рычаг, диск, крепление (635 патентов);
- масло, тяга, система, ротор, контроль (448 патентов);
- контроль, управление, модуль, полет, блок (365 патентов).

Рисунок 21. LDA-модель доминирующих тематик в патентах по направлению «двигатели беспилотных летательных аппаратов», ед., 2006–2023 годы

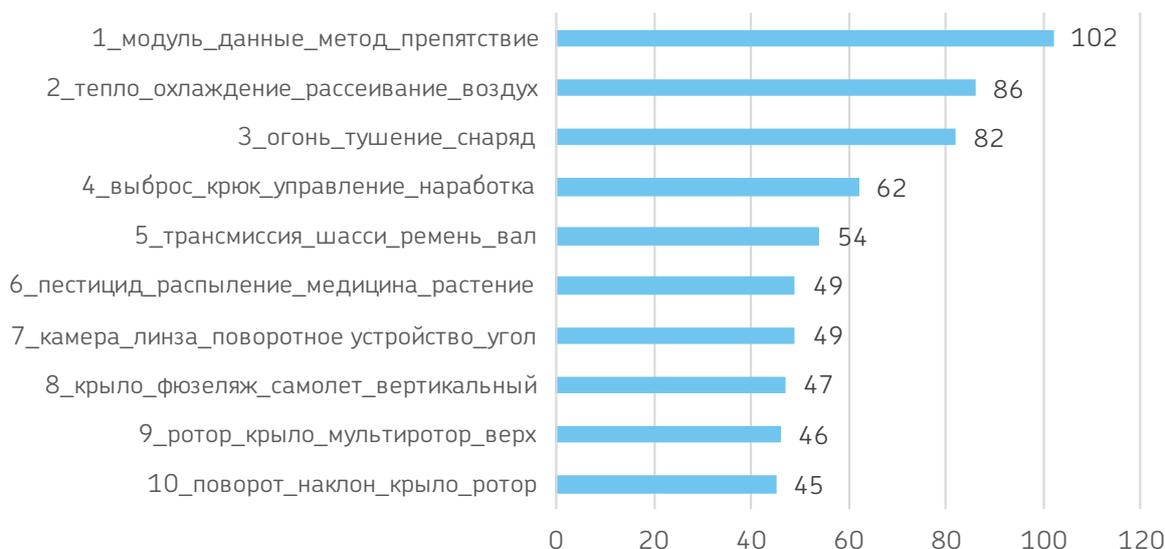


Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

В соответствии с BERT-моделью ключевыми тематиками патентов в области двигателей беспилотных летательных аппаратов являются:

- модуль, данные, метод, препятствие (102 патента);
- тепло, охлаждение, рассеивание, воздух (86 патентов);
- огонь, тушение, снаряд (82 патента).

Рисунок 22. BERT-модель доминирующих тематик в патентах по направлению «двигатели беспилотных летательных аппаратов», ед., 2006–2023 годы

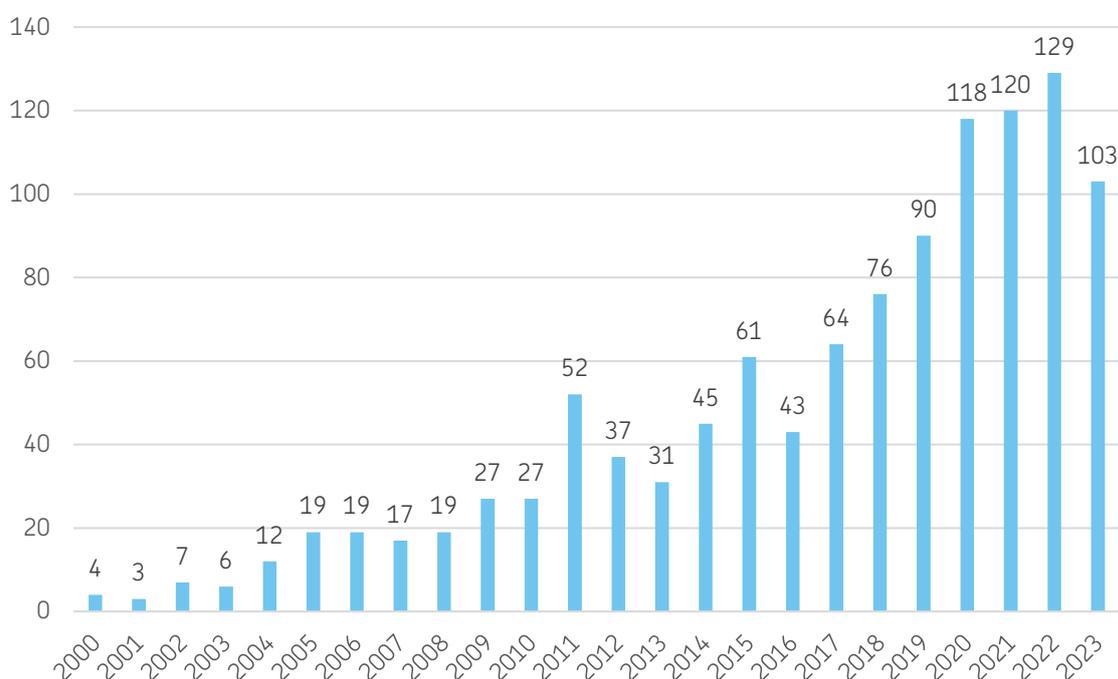


Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

Поиск научных публикаций в The Lens осуществлялся по запросу “unmanned aerial vehicle engine” (двигатель беспилотного летательного аппарата) в заголовке, ключевых словах и аннотациях научных публикаций, информация была отфильтрована, в выборку попали документы с DOI. Также проведено ранжирование по типам документов: научные статьи, тезисы докладов, стандарты, диссертации.

За период с 2000 года по 2023 год было найдено 1129 научных публикаций. По результатам анализа наблюдается постепенный рост ежегодного количества научных публикаций в рассматриваемой области. Наибольшее число публикаций приходится на 2022 год – 129 статей.

Рисунок 23. Динамика изменения количества научных публикаций по тематике двигателей беспилотных летательных аппаратов, ед., 2000–2023 годы

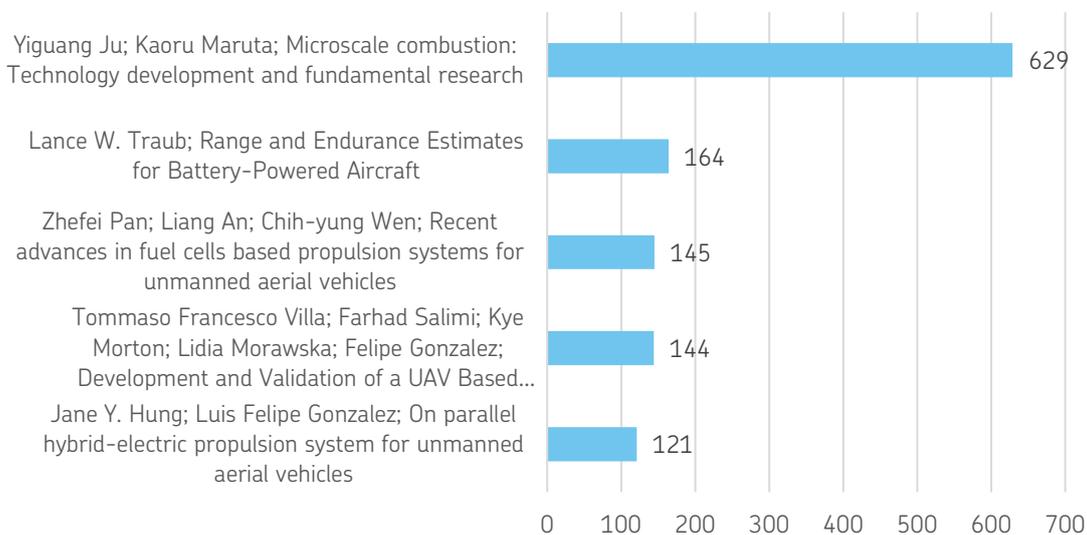


Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

Лидером по цитированию среди научных публикаций по тематике двигателей беспилотных летательных аппаратов выступает публикация «Microscale combustion: Technology development and fundamental research», опубликованная в 2011 году рядом авторов (Yiguang Ju, Kaoru Maruta), 629 цитирований [924]. В статье приводится обзор камеры сгорания малого беспилотного летательного аппарата, рассматриваются особенности физических и химических процессов сгорания в малых камерах и перспективы развития данного направления.

Авторы приходят к выводу, что мелкомасштабное сгорание, применимое в малоразмерных двигателях, является перспективным направлением междисциплинарных фундаментальных исследований и разработок эффективных энергосистем, особенно в условиях энергетических и экологических угроз, климатических изменений и прочего. Кроме того, некоторые конструкции малоразмерных двигателей также способствуют снижению уровня шума и повышению топливной эффективности.

Рисунок 24. Наиболее цитируемые научные публикации по тематике двигателей беспилотных летательных аппаратов, ед., 2000–2023 годы



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

В ходе библиометрического анализа использовалось LDA-моделирование и построение BERT-модели. Среди доминирующих тем в научных публикациях по направлению «двигатели беспилотных летательных аппаратов» в соответствии с LDA-моделью выделено:

- система, проектирование, самолет, полет, контроль (196 публикаций);
- модель, полет, контроль, самолет, система (161 публикация);
- данные, система, длительность, высота, защита (146 публикаций).

Рисунок 25. LDA-модель доминирующих тематик в научных публикациях по направлению «двигатели беспилотных летательных аппаратов», ед., 2000–2023 годы

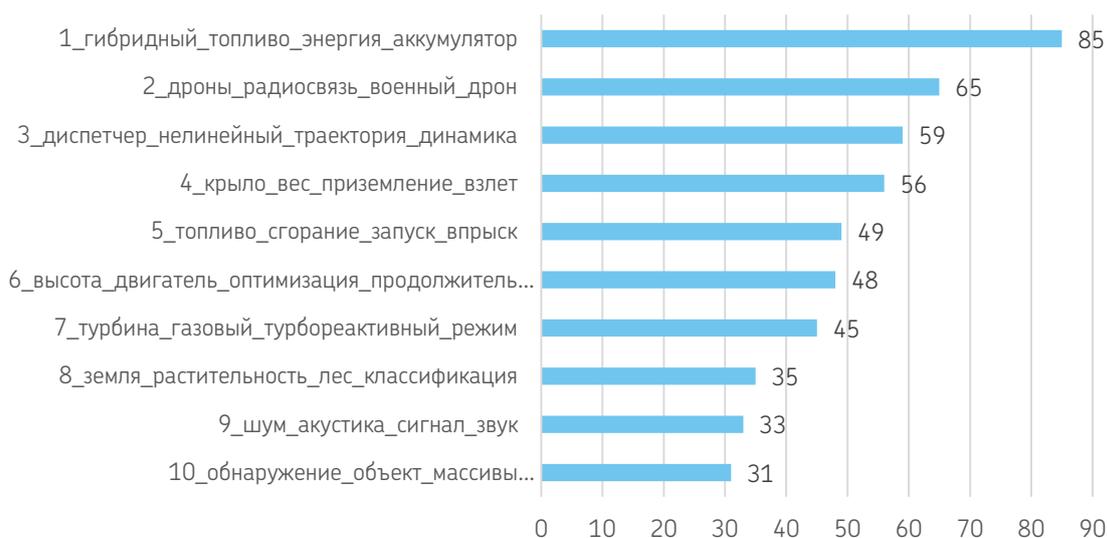


Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

В соответствии с BERT-моделью ключевыми тематиками научных публикаций в области двигателей беспилотных летательных аппаратов являются:

- гибридный, топливо, энергия, аккумулятор (85 научных публикаций);
- дроны, радиосвязь, военный, дрон (65 научных публикаций);
- диспетчер, нелинейный, траектория, динамика (59 научных публикаций).

Рисунок 26. BERT-модель доминирующих тематик в научных публикациях по направлению «двигатели беспилотных летательных аппаратов», ед., 2000–2023 годы



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ на основе данных lens.org, 2023

Таким образом, выявленные в ходе анализа научно-технологические направления исследований в области авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов соответствуют тенденциям развития рынка и ключевым направлениям деятельности крупных игроков рынка. Среди наиболее популярных научно-технологических тематик были выделены разработки в области снижения выбросов и шума, исследования по созданию высокоэффективных камер сгорания, совершенствование методов проектирования конструкций двигателей и летательных аппаратов, а также совершенствование двигателей беспилотных летательных аппаратов. Результаты патентного и библиометрического анализа по тематикам авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов могут быть полезны при формировании документов стратегического планирования правительственными органами и продуктовых стратегий игроками рассматриваемого рынка.

ГЛАВА 5. ПОКАЗАТЕЛИ ПО КОМПАНИЯМ «ТЕХНЕТ» НТИ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИМСЯ НА РАЗРАБОТКЕ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ВКЛЮЧАЯ ДВИГАТЕЛИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ВОВЛЕЧЕННЫМ В РЕАЛИЗАЦИЮ НАПРАВЛЕНИЯ НТИ

В данной главе экспертно-аналитического отчета рассматривается деятельность компаний, специализирующихся на разработке решений в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов. Данные компании вовлечены в реализацию направлений НТИ и применяют «сквозные технологии», в первую очередь новые производственные технологии, поддержку и развитие которых обеспечивает кросс-рыночное и кросс-отраслевое направление «Технет» НТИ. В главе представлены показатели деятельности компаний, а также краткое описание их проектов.

5.1. Количество компаний НТИ

Перечень компаний НТИ, специализирующихся на разработке решений в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, вовлеченных в реализацию направлений НТИ, сформирован на основе анализа данных Единой витрины поиска компаний, экспертов, инвестиций и мер поддержки, объединяющей сервисы НТИ «RADAR» [925]³⁰, а также компаний, включенных в реестр участников НТИ (Реестр компаний НТИ 29.12.2021) [927].

Рисунок 27. Рассматриваемые компании НТИ, специализирующиеся на разработке решений в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Единой витрины поиска компаний, экспертов, инвестиций и мер поддержки, объединяющей сервисы НТИ «RADAR», Реестра компаний НТИ от 29.12.2021, 2023

³⁰ Сервис запущен в августе 2023 года [926]

На основе проведенного анализа было выделено 17 компаний НТИ в рассматриваемой области. Среди выделенных компаний 12 разрабатывают двигатели для беспилотных летательных аппаратов; другие 5 организаций – АО «ОДК»³¹ и входящие в ее состав предприятия – специализируются преимущественно на разработке авиационных двигателей, но также ведут разработки двигателей для БПЛА [928].

5.2. Показатели по компаниям НТИ, вовлеченным в реализацию направления НТИ: количество компаний НТИ

В рамках анализа деятельности компаний было выявлено, что не по всем рассматриваемым компаниям представлена информация в открытом доступе (единая витрина поиска компаний, экспертов, инвестиций и мер поддержки, объединяющей сервисы НТИ «RADAR»; государственный информационный ресурс бухгалтерской отчетности (ресурс БФО, формируемый ФНС России); система СПАРК-Интерфакс; Интерфакс – Центр раскрытия корпоративной информации и Единая государственная информационная система учета научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (система ЕГИСУ НИОКТР)). Так, данные по объемам выручки от продажи продуктов и услуг компаний удалось найти по 12 организациям из 17 рассматриваемых. Наиболее полные данные по 12 компаниям представлены за 2021 год. Отсутствует информация по экспортной выручке рассматриваемых компаний. Можно предположить, что ограниченная финансовая информация о деятельности организаций (по объемам общей и экспортной выручки) или ее отсутствие связано отчасти с длительностью функционирования компаний. Некоторые компании существуют не более 1–3 лет (5 компаний), поэтому не успели сформировать портфель заказов (ряд компаний еще осуществляют разработку продуктов) и не смогли полноценно развернуть бизнес на внутреннем и внешнем рынках.

Также не все из рассматриваемых компаний имеют зарегистрированные результаты интеллектуальной собственности (РИД) – только у 7 из 17 рассматриваемых компаний есть права на РИД.

Таблица 11. Показатели по рассматриваемым компаниям НТИ, специализирующимся на разработке решений в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов

Показатели по компаниям НТИ	Значение показателя
Компании, специализирующиеся на разработке двигателей БПЛА	12
Компании, специализирующиеся на авиационных двигателях, а также разрабатывающие двигатели БПЛА	5
Количество компаний, по которым в открытых источниках были представлены данные по зарегистрированным РИД	7
Количество прав на РИД, зарегистрированных компаниями НТИ (всего, ед.)	128
Количество компаний, по которым в открытых источниках были представлены финансовые данные (всего, ед.)	12

³¹ АО «ОДК» отдельно зарегистрировано на сайте Единой витрины поиска компаний, экспертов, инвестиций и мер поддержки, объединяющей сервисы НТИ «RADAR».

Показатели по компаниям НТИ	Значение показателя
Общая выручка от продажи продуктов и услуг компаний НТИ в 2021 г. (тыс. руб.) ³²	96 533 646
Средняя выручка от продажи продуктов и услуг компаний НТИ в 2021 г. (тыс. руб.)	6 033 353
Объем экспортной выручки компаний НТИ (тыс. руб.)	нет данных

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Единой витрины поиска компаний, экспертов, инвестиций и мер поддержки, объединяющей сервисы НТИ «RADAR», ресурса БФО, системы ЕГИСУ НИОКТР, системы СПАРК-Интерфакс, Интерфакс – Центр раскрытия корпоративной информации и сайтов компаний, 2023

5.3. Краткое описание продуктов и услуг компаний НТИ

В рамках данного раздела представлена краткая информация о деятельности рассматриваемых 17 компаний НТИ, их продуктах и услугах. Для подготовки раздела использовались материалы, представленные на сайте Единой витрины поиска компаний, экспертов, инвестиций и мер поддержки, объединяющей сервисы НТИ «RADAR», сайтах компаний и в открытых источниках сети интернет.

Таблица 12. Краткое описание продуктов и услуг компаний НТИ, специализирующихся на разработке решений в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов

№	Название компании	О компании (продукты / услуги)
1	АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» (АО «ОДК»)	АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» (входит в Госкорпорацию «Ростех») – интегрированная структура, специализирующаяся на разработке, серийном изготовлении и сервисном обслуживании двигателей для военной и гражданской авиации, космических программ и военно-морского флота, а также нефтегазовой промышленности и энергетики. Одним из приоритетных направлений деятельности АО «ОДК» является реализация комплексных программ развития предприятий отрасли с внедрением новых технологий, соответствующих международным стандартам [929; 930]. Предприятия, входящие в состав АО «ОДК», разрабатывают также двигатели, применимые для беспилотных летательных аппаратов. Например, АО «ОДК-Климов» разработало и завершило испытания демонстратора двигателя размерности ВК-1600В, предназначенного для вертолета Ка-62. Конструкция двигателя позволяет выполнять дальнейшую разработку различных модификаций, в том числе для использования в БПЛА [531].
2	ПАО «ОДК-Сатурн»	Предприятие, специализирующееся на разработке, производстве, послепродажном обслуживании газотурбинных двигателей (ГТД) для авиации, флота, энергогенерирующих и газоперекачивающих установок, морских и приморских промышленных объектов [927; 931].

³² Финансовые показатели по общей выручке рассчитывались на основе данных 12 из 17 рассматриваемых организаций, в расчете не учитывались данные по выручке АО «ОДК», а также четырех компаний (ООО «ВАСП ЭЙРКРАФТ», ООО «СКБМ», ООО «АЗАРТ», ООО «ЭЛЕКТРОИННОВАЦИИ»), информация о выручке которых отсутствует как в используемых информационных базах, так и открытых источниках в сети интернет.

№	Название компании	О компании (продукты / услуги)
3	АО «ОДК-Авиадвигатель»	Конструкторское бюро по разработке газотурбинных двигателей для авиации, а также промышленных газотурбинных установок и электростанций на базе авиационных технологий [932; 933].
4	АО «ОДК-Пермские моторы» (АО «ОДК-ПМ»)	Предприятие, специализирующееся на серийном изготовлении и сервисном обслуживании двигателей для военной и гражданской авиации, промышленных газотурбинных установок и электростанций на базе авиационных технологий [934; 935].
5	ООО «Пульсирующие детонационные технологии» (ООО «ПДТ»)	Основной деятельностью компании являются научные исследования и разработки в области естественных и технических наук, прежде всего в авиакосмической промышленности. ООО «ПДТ» создано как дочернее Общество ПАО «ОДК-Уфимское машиностроительное производственное объединение» (ПАО «ОДК-УМПО»), является участником проекта по созданию и обеспечению функционирования инновационного центра «Сколково». Компания осуществляет решение задач по разработке и исследованию резонаторных выходных устройств ПДД различной конфигурации и геометрических размеров с последующей защитой результатов интеллектуальной деятельности (технических решений). Проект: Пульсирующий детонационный двигатель. Применение более экономичных и дешевых двигателей, базирующихся на пульсирующих детонационных технологиях, позволит производителям беспилотных летательных аппаратов более эффективно конкурировать с признанными лидерами по производству БПЛА [936; 937].
6	ООО «Проблемная лаборатория «Турбомашин» (ООО «ПЛ ТМ»)	Компания является инжиниринговым малым инновационным предприятием, резидент «Сколково». На протяжении последних лет компания достигла успехов в реализации целого ряда НИР и НИОКР. Это позволило заявить системообразующий проект по разработке платформенного решения в области распределенной силовой установки, интегрированной с планером летательного аппарата. Проекты: авиационная гибридная силовая установка МГТД-15Г, программа Аэротакси AERIS (комплексный проект по разработке грузового БВС со сменными силовыми модулями, аэротакси вместимостью 2 и 5 человек, а также двигателей и силовых установок) и другие [938].
7	ООО «ВАСП ЭЙРКРАФТ»	Компания является инновационным разработчиком летательных аппаратов малой авиации – конвертопланов с грузоподъемностью 300 кг и взлетным весом 500 кг в пилотируемом и беспилотном вариантах. Проекты: конвертоплан с реактивным приводом ротора WASP Aircraft, макет конвертоплана с реактивным приводом ротора WASP-500 в беспилотном варианте. У компании есть 3 действующих патента: 1. Конвертоплан с реактивным приводом ротора WASP Aircraft, 2. Пульсирующий детонационный реактивный двигатель, 3. Способ приведения во вращение ротора с помощью реактивного двигателя [939].
8	ООО ОКБ «КУЛОН»	Компания осуществляет деятельность по разработке летательных аппаратов, их двигателей, распределенных силовых установок, трансмиссий и их структурных элементов, агрегатов и узлов. Проекты: разработка ракета-носителя предельных параметров сверхлегкого класса с воздушно-ракетным двигателем 2B&P; разработка прототипа транспортной беспилотной авиационной системы Pegasus-50 и другое [940; 941].
9	ООО «СКБМ»	Организация осуществляет работы по проектированию и авторскому надзору за изготовлением нестандартного промышленного оборудования, узлов, комплектующих и деталей. В рамках НИОКР разрабатывается и осваивается в мелкосерийном производстве малогабаритный двигатель внутреннего

№	Название компании	О компании (продукты / услуги)
		сгорания повышенной энерговооруженности с применением четвертьволнового резонатора с жидкостным охлаждением [942].
10	ООО «АЗАРТ»	Компания является разработчиком инновационного роторно-лопастного двигателя (РЛД) с высокой удельной мощностью, который, будучи компактным и экономичным, является эффективной альтернативой традиционным двигателям внутреннего сгорания. На базе запатентованных инновационных решений создается РЛД, актуальный для применения в качестве силовых приводов пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов, в составе гибридных силовых установок транспорта, мобильных генерирующих установок и другого [943–945].
11	ООО «ЕМЕ-АЭРО»	ООО «ЕМЕ-АЭРО» – подразделение проекта «ЭлектроМомент» (ТМ) – одна из немногих в мире компаний, которая успешно разрабатывает электроприводы и электрогенераторы, соответствующие требованиям 6-го Технологического Уклада. Проект был создан в 2015 году командой опытных специалистов для разработки (НИОКР), организации серийного производства и внедрения во все отрасли широкого спектра современных синхронных электрических машин. Высокомоментные электроприводы и генераторы ООО «Еме-АЭРО» позволяют создавать прорывную высокотехнологичную продукцию: сверхкомпактные и экономичные системы без использования механических редукторов и с новыми потребительскими свойствами. Проекты: электродвигатель для БВС «АЕМ-08-ER» (взлетная масса до 750 кг), электродвигатель для БВС «ЕМ-07» (взлетная масса до 250 кг) и другие [946; 947].
12	ООО «Аэрокон»	Компания осуществляет разработку и изготовление беспилотных летательных аппаратов самолетного типа (БВС), турбореактивных двигателей малой мощности (ТРД), силовых установок на базе поршневых двигателей для БВС (СФУ ДВС). Компания оказывает услуги по разработке перспективных БВС, ТРД, СУ ДВС, производит БВС, наземное оборудование для БВС, средства запуска БВС, ТРД, СУ ДВС. Проекты: турбореактивный двигатель для беспилотников AeroKonJet-22 (масса до 40 кг), AeroKonJet-40 (до 70 кг) и БВС разного типа [948; 949].
13	ООО «ЭЛЕКТРО-ИННОВАЦИИ»	Компания занимается разработками и исследованиями в области электродинамики и электрических машин. Проект: рабочий прототип инновационного синхронного электродвигателя со статором из полимерного композита [950].
14	ООО «КБ РУСЬ»	Компания осуществляет разработку и изготовление беспилотной авиационной системы с беспилотным воздушным судном вертолётного типа (БВС ВТ) и наземным пунктом управления. Проекты: R-2200 универсальное БВС вертолётного вида, R-654 роторно-поршневой двигатель для БВС [951; 952].
15	АО Научно-производственное объединение «Опытно-конструкторское бюро имени М.П. Симонова» (АО НПО «ОКБ им. М.П. Симонова»)	Организация специализируется на исследованиях, разработках и производстве авиационной техники, в том числе комплексов беспилотных летательных аппаратов. Специалистами АО НПО «ОКБ им. М.П. Симонова» в рамках совместного с Фондом перспективных исследований и Всероссийским научно-исследовательским институтом авиационных материалов Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» проекта «Тантал» разработана линейка малоразмерных газотурбинных двигателей. Двигатели изготавливались с использованием современных жаропрочных сплавов [953]. Среди разработанных двигателей для беспилотных летательных аппаратов используются двигатели МГТД-150Э, МГТД-20 [954–956].
16	ООО «Лаборатория электроприводов «Адапто»	Компания является разработчиком интегрированной системы элементов электропривода для техники среднего класса мощности (25–85 Вольт, до 60 кВт). В рамках деятельности организации осуществляются следующие проекты:

№	Название компании	О компании (продукты / услуги)
		авиационный электродвигатель для беспилотного аэротакси, модуль управления «BMS», контроллер управления электроприводом электротранспортного средства «Адаптно» [957].
17	ООО «Инэнерджи»	Компания разрабатывает и производит топливные элементы. К направлениям деятельности компании относятся: водородная энергетика, электрохимические генераторы с топливными элементами, электрохимические системы накопления энергии, образовательные технологии в области энергетике, комплексная поддержка стартапов, научных коллективов и промышленных предприятий по запуску продуктов в сфере электрохимии. Компания реализует следующие проекты: энергоустановка для БАС малой размерности, модуль высокомошной батареи для БПЛА, модуль литий-ионной аккумуляторной батареи и другие [958].

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Единой витрины поиска компаний, экспертов, инвестиций и мер поддержки, объединяющей сервисы НТИ «RADAR», сайтов компаний и открытых источников, 2023

5.4. Объемы выручки от продажи продуктов и услуг компаний НТИ в рамках сегментов направления НТИ

В рамках поиска финансовой информации по объемам выручки от продажи продуктов и услуг компаний НТИ были проанализированы данные, представленные в системе СПАРК-Интерфакс, на сайте Интерфакс – Центр раскрытия корпоративной информации, а также данные ресурса БФО и годовых отчетов. За пятилетний период деятельности компаний (2018–2022 гг.) удалось найти финансовые данные лишь по 6 организациям, по другим 6 компаниям информация представлена частично (по некоторым годам информация отсутствует), по 5 компаниям финансовой информации найти не удалось.

Таблица 13. Общая выручка компаний НТИ, специализирующихся на разработке решений в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов (2018–2022 годы)

№	Тип компании	Количество компаний НТИ ³³	2018 год, тыс. руб.	2019 год, тыс. руб.	2020 год, тыс. руб.	2021 год, тыс. руб.	2022 год, тыс. руб.
1	Компании, специализирующиеся на авиационных двигателях, а также разрабатывающие двигатели БПЛА	4	73 143 227	60 302 988	62 960 410	95 327 422	41 521 499

³³ В расчете финансовых показателей не учитывались данные АО «ОДК», а также четырех компаний (ООО «ВАСП ЭЙРКРАФТ», ООО «СКБМ», ООО «АЗАРТ», ООО «ЭЛЕКТРОИННОВАЦИИ»), информация о выручке которых отсутствует как в используемых информационных базах, так и открытых источниках в сети интернет. Не по всем 12 компаниям имеются финансовые данные в перспективе 5 лет (за каждый год).

№	Тип компании	Количество компаний НТИ ³³	2018 год, тыс. руб.	2019 год, тыс. руб.	2020 год, тыс. руб.	2021 год, тыс. руб.	2022 год, тыс. руб.
2	Компании, специализирующиеся на разработке двигателей БПЛА	8	105 184	145 211	145 943	1 206 224	231 533
ИТОГО		12	73 248 411	60 448 199	63 106 353	96 533 646	41 753 032

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Единой витрины поиска компаний, экспертов, инвестиций и мер поддержки, объединяющей сервисы НТИ «RADAR», ресурса БФО, системы СПАРК-Интерфакс, Интерфакс – Центр раскрытия корпоративной информации и сайтов компаний, 2023

По итогам периода 2018–2022 годов общая выручка компаний, специализирующихся на авиационных двигателях, а также разрабатывающих двигатели БПЛА, составила 333 255 546 тыс. руб., общая выручка компаний, специализирующиеся на разработке двигателей БПЛА, составила 1 834 095 тыс. руб., то есть 1% от общей выручки компаний НТИ, рассматриваемых в данном разделе.

Таблица 14. Средняя выручка компаний НТИ, специализирующихся на разработке решений в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов (2018–2022 годы)

№	Тип компании	Количество компаний НТИ ³⁴	2018 год, тыс. руб.	2019 год, тыс. руб.	2020 год, тыс. руб.	2021 год, тыс. руб.	2022 год, тыс. руб.
1	Компании, специализирующиеся на авиационных двигателях, а также разрабатывающие двигатели БПЛА	4	18 285 807	20 100 996	20 986 803	19 065 484	13 840 500
2	Компании, специализирующиеся на разработке двигателей БПЛА	8	26 296	36 303	36 486	100 519	38 589
ИТОГО		12	18 312 103	20 137 299	21 023 289	19 166 003	13 879 089

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам Единой витрины поиска компаний, экспертов, инвестиций и мер поддержки, объединяющей сервисы НТИ «RADAR», ресурса БФО, системы СПАРК-Интерфакс, Интерфакс – Центр раскрытия корпоративной информации и сайтов компаний, 2023

³⁴ В расчете финансовых показателей не учитывались данные АО «ОДК», а также четырех компаний (ООО «ВАСП ЭЙРКРАФТ», ООО «СКБМ», ООО «АЗАРТ», ООО «ЭЛЕКТРОИННОВАЦИИ»), информация о выручке которых отсутствует как в используемых информационных базах, так и открытых источниках в сети интернет. Не по всем 12 компаниям имеются финансовые данные в перспективе 5 лет (за каждый год).

5.5. Количество компаний НТИ, имеющих экспортную выручку

По итогам поиска информации об экспортной выручке компаний НТИ удалось найти ограниченные данные лишь по одной из рассматриваемых компаний – АО «ОДК». За 2022 год информация отсутствует по всем рассматриваемым компаниям в связи с государственными ограничениями на экспорт ряда товаров. Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 09.03.2022 г. № 311 (ред. от 08.09.2023 г.) «О мерах по реализации Указа Президента Российской Федерации от 8 марта 2022 г. № 100» до 31 декабря 2023 г. включительно введен запрет на вывоз за пределы территории Российской Федерации ряда товаров, к которым относятся двигатели различного типа [959].

5.6. Объем экспортной выручки компаний НТИ

По итогам поиска информации об экспортной выручке компаний НТИ удалось найти ограниченные данные по одной из рассматриваемых компаний – АО «ОДК». Согласно данным, представленным в открытых источниках, в 2021 году объем экспортной выручки АО «ОДК» в натурном выражении составил 624 авиадвигателя [960].

5.7. Количество прав на РИД, зарегистрированных компаниями НТИ

В рамках анализа зарегистрированных компаниями НТИ результатов интеллектуальной деятельности (РИД) было выявлено, что всего компаниями НТИ, специализирующимися на разработке решений в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов (7 из 17 компаний), зарегистрировано 128 РИД по 5 категориям (изобретения, полезные модели, секреты производства (ноу-хау), программы для ЭВМ, промышленные образцы).

Рисунок 28. Количество прав на РИД, зарегистрированных компаниями НТИ, специализирующимися на разработке решений в области авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам системы ЕГИСУ НИОКТР, 2023

Наибольшим количеством прав на РИД обладают АО «ОДК» и входящие в состав госкорпорации организации. По данным ЕГИСУ НИОКТР, 3 организациям, специализирующимся как на разработке авиадвигателей, так и двигателей БПЛА (АО «ОДК»³⁵, ПАО «ОДК-Сатурн» и АО «ОДК-Авиадвигатель»), принадлежит 114 РИД.

Среди 12 компаний НТИ, специализирующихся на разработке двигателей БПЛА, 4 компании (ООО «ПЛ ТМ», ООО «Аэрокон», ООО «Инэнерджи», ООО «ЭЛЕКТРОИННОВАЦИИ») обладают правами РИД (всего 14 РИД).

5.8. Количество реализуемых проектов по отдельному направлению НТИ

В настоящий момент компаниями НТИ, специализирующимися на авиационных двигателях, а также разрабатывающими двигатели БПЛА, ведется ряд проектов. В рамках деятельности АО «ОДК» реализуется проект по разработке двухконтурного турбовентиляторного двигателя ПД-8, который создается с учетом опыта, полученного при разработке уже сертифицированного двигателя ПД-14. ПД-8 будет устанавливаться на самолеты Superjet-100 и подходит для замены импортных установок в самолетах-амфибиях Бе-200. В рамках разработки осуществляются летные испытания двигателя на летающей лаборатории Ил-76ЛЛ [961]. В октябре 2023 года двигатель ПД-8 был запущен для испытаний в составе самолёта на Superjet-100 [962].

Также ведется разработка еще одного перспективного двигателя ПД-35 [963] – двухконтурного турбовентиляторного двигателя сверхбольшой тяги (с тягой на взлете от 33 до 40 тонн). Данный двигатель будет использоваться для широкофюзеляжных дальнемагистральных лайнеров и военно-транспортной авиации [964]. В 2023 году газогенератор новой установки проходит испытания, и в 2024 году начнутся испытания нового двигателя-демонстратора [961]. Главным разработчиком этих двигателей является АО «ОДК-Авиадвигатель», главным изготовителем – АО «ОДК-Пермские моторы».

Кроме того, входящим в состав АО «ОДК» предприятием АО «ОДК-Климов» ведется разработка двигателя размерности ВК-1600В (взлетная мощность – 1400 л.с., удельный расход топлива – 200 г/на л.с. ч.). Этот двигатель предназначен для вертолета Ка-62 и является аналогом двигателя Ardiden 3G (Safran), который в данный момент установлен на вертолет. Конструкция двигателя позволяет выполнять дальнейшую разработку различных модификаций, в том числе для использования в БПЛА как самолетного, так и вертолетного типа. Часть деталей двигателя, ранее изготавливаемых путем литья, теперь печатаются на 3D-принтере (корпуса первой опоры, корпуса опор свободной турбины и турбины компрессора и другое) [965]. В мае 2023 года были завершены испытания демонстратора вертолетного двигателя ВК-1600В, собраны первые опытные образцы изделия – их стендовые испытания планируется завершить к концу 2023 года, а в 2024 году начать летные испытания в составе вертолета Ка-62 [531].

³⁵ В данном разделе при расчете количества прав на РИД учитывались данные АО «ОДК», так как по данным ЕГИСУ именно госкорпорация является исполнителем по ряду НИОКТР, в ходе выполнения которых были зарегистрированы РИД.

Также АО «ОДК-Климов» создан двигатель ВК-650В (мощность на взлетном режиме до 650 л.с.) для применения на вертолетах Ансат, Ка-226 или других вертолетах близкого класса. К настоящему моменту успешно завершены инженерные испытания ВК-650В, определен конструктивный облик изделия и достигнуты основные технические параметры двигателя. Совместно с ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова» завершены автономные испытания узлов силовой установки. До конца 2023 года планируется изготовить 10 опытных экземпляров вертолетного двигателя, 4 из которых будут задействованы в летных испытаниях в составе вертолета Ансат. В 2024 году ожидается сертификация двигателя [966; 967]. На базе двигателя ВК-650В ведется разработка гибридной силовой установки (ГСУ) мощностью 500 кВт. Одной из сфер применения гибридной силовой установки может стать летательный аппарат вертикального взлета с неподвижным крылом. Для подъема аппарата массой около 3 тонн потребуются 2 ГСУ мощностью 500 кВт, что позволит перевозить грузы весом до 500 кг [968].

ООО «Пульсирующие детонационные технологии» (является дочерним обществом ПАО «ОДК-УМПО», входящего в АО «ОДК», является участником инновационного центра «Сколково») ведет разработку бесклапанного пульсирующего детонационного двигателя оригинальной отечественной схемы, работа которого основана на использовании резонаторного устройства [936; 937]. В 2021 году был реализован первый этап испытаний демонстратора пульсирующего детонационного двигателя. На отдельных режимах работы удельная тяга до 50% превысила показатели традиционных силовых установок. В перспективе это позволит в 1,5 раза увеличить максимальную дальность и массу полезной нагрузки летательных аппаратов [969]. Данный двигатель может использоваться для летательных аппаратов различного назначения, в том числе и для БПЛА.

Компании НТИ, специализирующиеся на разработке двигателей БПЛА, чаще всего реализуют одновременно несколько проектов. Например, *ООО «Проблемная лаборатория «Турбомашин» (ООО «ПЛ ТМ»)* создала авиационную гибридную силовую установку МГТД-15Г, которая на 90% состоит из отечественных комплектующих. Силовая установка весит 8 кг, электрическая мощность генератора составляет 15 кВт, частота вращения ротора – 90 ± 2 т. об/мин. В настоящий момент проводятся испытания установки.

Кроме того, *ООО «ПЛ ТМ»* ведет пилотный проект по разработке масштабируемой программно-аппаратной платформы распределенных силовых установок (PCU) беспилотных воздушных судов (БВС) мощностью от 60 кВт до 500 кВт, и комплексный проект по разработке грузового БВС со сменными силовыми модулями, аэротакси вместимостью 2 и 5 человек, а также двигателей и силовых установок (Программа Аэротакси AERIS) [938; 970; 971].

ООО «ВАСП ЭЙР-КРАФТ» реализует два проекта, один из которых направлен на разработку конвертоплана с реактивным приводом ротора WASP Aircraft в пилотируемом и беспилотном варианте. Взлетный вес – 500 кг, полезная нагрузка – 300 кг, скорость – до 500 км/ч, время в полете – до 10 часов. Предназначен для региональной перевозки грузов и пассажиров, доставки грузов в труднодоступные места, долговременного (более 5 часов) мониторинга инфраструктуры, мониторинга с применением тяжелых сенсоров, проведения авиационных работ. Данный конвертоплан запатентован (RU 2570241 С2 от 10.12.2015 г. «Конвертоплан с реактивным приводом роторов, управляемый роторами посредством автоматов перекося через рычаги управления, не требующий дополнительных средств управления»).

Кроме того, у компании есть еще 2 действующих патента (RU 2752817 С1 от 06.08.2021 г. «Пульсирующий детонационный реактивный двигатель» и RU 2762982 С1 от 24.12.2021 г. «Способ приведения во вращение ротора с помощью реактивного двигателя»).

ООО ОКБ «КУПОН» осуществляет разработку летательных аппаратов, их двигателей, распределенных силовых установок, трансмиссий и их структурных элементов, агрегатов и узлов. Компания создала прототип транспортной беспилотной авиационной системы Pegasus-50. БВС разработано с газотурбинной силовой установкой, грузоподъемностью до 50 кг, предназначено для эксплуатации в сложных погодных условиях [939; 971–973].

Также среди проектов компании представлены: создание автономных сетей беспилотной аэродоставки грузов (создание сервисно-логистической структуры (авиакомпания), которая займется беспилотными авиационными перевозками почтовых отправок (проект – маяк «Беспилотная аэродоставка грузов» АО Почта России) и наземным обслуживанием беспилотных авиационных систем (БАС)) [974], разработка ракета-носителя предельных параметров сверхлегкого класса с воздушно-ракетным двигателем 2B&P (стартовая масса – не более 20 т, масса полезной нагрузки – 250 кг (орбита высотой – 500 км), стоимость единичного пуска – не более 3 млн долл., цена за единицу выводимой полезной нагрузки – не более 12 тыс. долл.) [975].

ООО «СКБМ» разрабатывает и осваивает в мелкосерийном производстве малогабаритный двигатель внутреннего сгорания повышенной энерговооруженности с применением четвертьволнового резонатора с жидкостным охлаждением. Характеристики двигателя: вес – 6 кг, мощность – 9 л.с. (7500 об/мин) [942; 976].

ООО «АЗАРТ» реализует проект по разработке роторно-лопастного двигателя с высокой удельной мощностью (мощность 370 кВт, удельная мощность – 2,7 кВт/кг) [977]. Повышение КПД роторного двигателя достигается за счет увеличения эффективности преобразования энергии расширяющихся газов во вращательное движение выходного вала двигателя с помощью применения комбинированного дифференциально-кулачкового механизма [943].

ООО «ЕМЕ-АЭРО» создает электродвигатель для БВС с максимальной взлетной массой до 250 кг (ЕМ-07) и электродвигатель с максимальной взлетной массой до 750 кг (АЕМ-08-ER) [946]. Электродвигатель ЕМ-07 может применяться в БВС мультироторного и вертолетного типов. Благодаря высокой степени пыле- и влагозащиты (IP65) БВС с этим двигателем могут летать при любых погодных условиях (повышенная влажность, проливной дождь, экстремальные температуры) и с любой взлетной площадки, включая грунтовые и песчаные. Характеристики электродвигателя: вес – 3,5 кг, мощность – до 10 кВт, диапазон оборотов – от 100 до 3000 об/мин. Малые массогабариты ЕМ-07 позволяют его интегрировать в БВС любого типа [978]. Электродвигатель АЕМ-08-ER, предназначенный для средних БАС, обладает весом 6 кг, мощностью – до 28 кВт (номинальные обороты – от 1000 до 2500 об/мин) [979]. Данный электродвигатель АЕМ-08-ER был представлен на первой выставке-презентации технологических продуктов и решений в сфере беспилотных авиационных систем – «Аэронет 2035» [980].

ООО «ЭЛЕКТРОИННОВАЦИИ» разработало рабочий прототип инновационного синхронного электродвигателя со статором из полимерного композита, благодаря чему можно достичь минимальных потерь на вихревых токах и гистерезисе, высокой удельной мощности по сравнению с аналогами, максимальной индукции (выше аналогов), облегчения по весу в два раза в сравнении с аналогами (аналог – китайский двигатель НРМ10kw (BLDC)). Двигатель обладает следующими характеристиками: вес – 11 кг, мощность – 10 кВт [950; 981].

ООО «КБ РУСЬ» разработало роторный двигатель «R-654» для БВС грузоподъемностью до 500 кг [982]. Характеристики двигателя R-654: вес – 87 кг, максимальная мощность одной секции – 80/56 л.с./кВт, максимальный крутящий момент – 110/4500 н/м при 110/5200 об/мин.

ООО «Аэрокон» реализует 13 проектов, 2 из которых направлены на разработку турбореактивных двигателей для высокоскоростных БПЛА массой до 40 кг (AerokonJet-22, AJ-22) и массой до 70 кг (AerokonJet-40) [948]. Двигатель AerokonJet-22 обладает следующими характеристиками: вес – 2 кг, скорость вращения холостого хода – 35 000 об/мин, максимальная тяга – 22 кгс. В 2021 году завершились внутривзаводские стендовые и летные испытания двигателя, в марте 2022 года сообщалось о подготовке технологической базы для производства турбореактивного двигателя AJ-22 из российских комплектующих [983].

Другая разработка организации ООО «Аэрокон» – двигатель AerokonJet-40, который весит 3,4 кг. Скорость вращения холостого хода двигателя составляет 30 000 об/мин, максимальная тяга – 40 кгс [984].

АО НПО «ОКБ им. М.П. Симонова» разработаны малоразмерные газотурбинные двигатели МГТД-20 и МГТД-125Э для различных летательных аппаратов в рамках совместного проекта Фонда перспективных исследований и НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ [953]. Двигатели изготовлены на базе аддитивного производства с использованием специально разработанных отечественных высокожаропрочных и высокопрочных металлопорошковых композиций, технологий синтеза, термической и баротермической обработок, а также технологий постобработки и контроля. В 2020 году сообщалось о проведении успешных летных испытаний газотурбинного двигателя МГТД-20. В качестве летающей лаборатории для испытаний использовался легкий беспилотный летательный аппарат А30 разработки АО НПО «ОКБ им. М.П. Симонова» [956]. Двигатель МГТД-20 обладает следующими характеристиками: вес – 2 кг, тяга в максимальном режиме (117 000 об/мин) – 200 Н.

Также в 2020 году прошел первый демонстрационный полет реактивного беспилотного летательного аппарата ВМ «Дань» М с разработанным в рамках проекта двигателем МГТД-125Э. В ноябре 2022 года сообщалось о завершении комплекса приемо-сдаточных испытаний этого газотурбинного двигателя [955]. Двигатель МГТД-125Э обладает следующими характеристиками: вес – 22 кг, тяга – 125 кгс.

ООО «Лаборатория электроприводов «Адапто» разработала контроллер управления электроприводом электротранспортного средства «Адапто», обладающий следующими характеристиками: вес – 900 г, мощность – до 30–40 кВт [985; 986].

Также компания реализует проект по созданию авиационного электродвигателя для беспилотного аэротакси АД-25-10. Двигатель АД-25-10 обладает следующими характеристиками: вес – 5,8 кг, номинальная частота вращения – 3000 об/мин, номинальная мощность – 8 кВт, максимальная кратковременная мощность – 20 кВт [957; 987].

ООО «Инэнерджи» разрабатывает энергоустановку для БАС малой размерности, которая может использоваться вместо аккумуляторных батарей на аппаратах взлетной массой от 8 до 15 кг. Энергоустановки на основе водородно-воздушных топливных элементов позволяют существенно (в 2–6 раз) увеличить время полета БАС малой размерности на электрической тяге по сравнению с современными литий-ионными аккумуляторами. Энергоустановка обладает следующими характеристиками: вес – до 4 кг, номинальная мощность – 500 Вт, пиковая мощность (2–3 мин) – 2500 Вт, энергоемкость – 550 Вт*ч/кг [988].

Также ООО «Инэнерджи» разрабатывает модуль высокомошной литий-ионной батареи для БПЛА весом 30 кг. Кроме того, у компании есть разработки со стадией готовности TRL7, например, энергоустановка для легкой беспилотной авиационной системы мощностью 250–4000 Вт [958].

По результатам анализа представленной в открытых источниках информации о проектной деятельности рассматриваемых 17 компаний НТИ можно сделать вывод, что компании, специализирующиеся на авиационных двигателях, а также разрабатывающие двигатели БПЛА, реализуют не менее 5 проектов национального масштаба. Компании НТИ, разрабатывающие двигатели беспилотных летательных аппаратов, реализуют 17 проектов. Безусловно, не все компании, разрабатывающие различные двигатели для летательных аппаратов, являются участниками НТИ. Но проведенный обзор 17 компаний свидетельствует о наличии потенциала для развития в Российской Федерации таких направлений, как разработка и производство авиационных двигателей и двигателей беспилотных летательных аппаратов.

ПРИЛОЖЕНИЕ. ДАЙДЖЕСТ КЛЮЧЕВЫХ СОБЫТИЙ ПО ТЕМАТИКЕ РАЗВИТИЯ РЫНКА АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В МИРЕ И В РОССИИ



Современная технология обработки деталей: новые возможности для снижения затрат

В 2022 году рыбинское предприятие «ОДК-Сатурн» (входит в АО «ОДК») успешно внедрило технологию комплексной обработки деталей, что позволило снизить стоимость изготовления на 35%. Метод обработки будет применяться к 10% большему количеству деталей силовых установок в 2023 году [989].

Главный инженер «ОДК-Сатурн» И. Ильин подчеркнул, что инновационный подход позволил снизить расходы на режущий инструмент, уменьшить машинное время обработки и обеспечить высокую точность и производительность по сравнению с традиционными методами. Технология комплексной обработки деталей из жаропрочных сплавов газотурбинных двигателей с использованием современного абразивного инструмента методом глубинного шлифования была разработана инженерами «ОДК-Сатурн» как замена более трудоемким, длительным и затратным токарным, электроэрозионным, фрезерным и шлифовальным процессам, используемым в изготовлении лопаток турбины [989].

Данный перспективный метод будет распространяться на всю линейку производимых предприятием изделий.

Подробнее: [АО «ОДК»](#)



Турбовинтовой двигатель ТВ7-117СТ-01 получил сертификат типа Федерального агентства воздушного транспорта РФ №ФАТА-01033Е

ТВ7-117СТ-01 – современный турбовинтовой двигатель, который обладает повышенной мощностью во время взлета (3100 л. с.) и лучшей топливной эффективностью в своем классе. Он управляется инновационной электронной системой типа FADEC (БАРК-65СМ) и работает с новым воздушным винтом АВ112-114, который обеспечивает повышенную тягу в 4 тонны. Двигатель предназначен для регионального пассажирского самолета Ил-114-300 [990].

В январе 2023 года было анонсировано, что ТВ7-117СТ-01 успешно прошел все сертификационные испытания, получив сертификат типа Федерального агентства воздушного транспорта РФ под номером ФАТА-01033Е [990].

Подробнее: [Госкорпорация «Ростех»](#)



DRDO готова разработать различные классы двигателей для БПЛА

В январе 2023 года руководитель Организации оборонных исследований и разработок (DRDO) Индии Самир В. Камат в интервью изданию Financial Express заявил о готовности разработать различные классы двигателей для беспилотных летательных аппаратов [991].

Организация оборонных исследований и разработок (Defence Research and Development Organisation, DRDO) – орган государственной власти Индии, ответственный за научные исследования в области развития технологий в военных целях находящийся в подчинении Министерства обороны Индии.

DRDO специализируется на создании сложных военных систем, например, ракет и истребителей.

Компания DRDO разработала технологию монокристаллических лопаток и поставила 60 таких лопаток компании Hindustan Aeronautics Limited (HAL) в рамках программы разработки вертолетов [991].

Разработка выполнена в рамках программы, реализуемой Оборонной металлургической исследовательской лабораторией (DMRL), по созданию пяти комплектов монокристаллических лопаток турбины высокого давления (НПТ) с использованием суперсплава на основе никеля.

Целью DMRL является производство в общей сложности 300 лопаток с использованием этого инновационного материала [991].

Успешная реализация проекта по разработке монокристаллических лопаток турбин высокого давления как ключевого компонента авиационных двигателей свидетельствует о высоких технологических возможностях DRDO в области передовых материалов и знаменует собой новую эру в истории индийской истребительной авиации.

По словам руководителя DRDO Самира В. Камата, благодаря развитию многих технологий, Индия имеет возможность разрабатывать двигатели различных классов, включая двигатель тягой 52 килоньютона.

Предполагается, что двигатель мощностью 52 килоньютона будет использоваться для комплектования первого в Индии малозаметного боевого беспилотного летательного аппарата (UCAV) Ghatak [991].

Подробнее: [Financial Express](#)



Ученые из России создали инновационную технологию производства композитных материалов, которая будет использоваться в двигателях воздушных судов

В феврале 2023 года стало известно о том, что ученые из Дальневосточного федерального университета (ДФУ) совместно со специалистами Института № 2 «Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки» Московского авиационного института (МАИ) разработали новый метод получения композитных композиционных материалов, предназначенных для авиационных двигателей.

С помощью современных методов диффузионного спекания ученые получили прочный композит из пяти различных металлов [992].

Для повышения эффективности этой технологии ученые предложили внедрить использование импульсного электрического тока. Качество характеристик и эксплуатационных свойств полученного изделия было подтверждено с помощью комплекса физико-механических испытаний [992].

Проект выполняется в комплексе научно-исследовательских работ по различным направлениям в ДВФУ [993].

Подробнее: [РИА Новости](#)

Испанский производитель представил новейший двигатель для БПЛА UAVHE P1-124

В феврале 2023 года испанский производитель двигателей для дронов UAVHE SL представил UAVHE P1-124 – новейший двухтактный гибридный двигатель для беспилотных летательных аппаратов [994].

Характерными чертами двигателя являются: встроенный генератор переменного тока мощностью 11 кВт и используемые передовые технологии, включая электронный впрыск топлива (electronic fuel injection, EFI), жидкостное охлаждение, двухискровое зажигание, внутреннюю коробку передач и муфту холостого хода [994].

БПЛА P1-124 имеет компактную конструкцию и работает на тяжелом топливе, а максимальная выходная мощность 29 л. с. при 8000 об/мин делает его надежным и эффективным источником энергии для БПЛА [994].

Подробнее: [Unmanned Systems Technology](#)





Инновационный гибридно-электрический турбовинтовой двигатель компании Safran

В феврале 2023 года стало известно, что французская компания Safran SA, специализирующаяся на производстве авиационных двигателей, проводит испытания гибридно-электрического турбовинтового двигателя Tech TP в рамках проекта Achieve программы Clean Sky 2 Европейского союза.

Разработанный на базе турбовинтового двигателя Safran Ardiden 3, Tech TP представляет собой демонстрационный образец двигателя мощностью 1700–2000 л. с., предназначенного для самолетов вместимостью до 19 человек [995].

Ноттингемский университет в Великобритании возглавил проект Achieve, целью которого была разработка электрической версии двигателя. В эту версию вошли усовершенствованные мехатронные устройства нового турбовинтового электростартера-генератора и системы контроля технического состояния [995].

В рамках проекта был разработан более мощный электродвигатель-генератор в едином блоке с силовой электроникой, интегрированный с воздушным винтом и коробкой передач Tech TP [995].

Электродвигатель-генератор мощностью 25 кВт был разработан совместно с британской компанией Nema, специализирующейся на разработке электромеханических систем, и французской компанией Power System Technology, специализирующейся в области силовой электроники [995].

Электродвигатель обеспечивает возможность работы в различных режимах, включая руление без использования мощности газотурбинного двигателя и увеличение мощности турбовинтового двигателя в полете, что сокращает потребление топлива, вредные выбросы, снижает уровень шумового загрязнения [995].

Предполагается, что при удельной мощности свыше 10 кВт/л система будет способна обеспечить выходную мощность более 20 кВт в режиме генератора [995].

Achieve является предшественником проекта по разработке гибридно-электрической силовой установки для регионального самолета» (HE-ART), которая реализуется в рамках программы ЕС «Clean Aviation» и продолжает инициативу «Clean Sky 2» [995].

Подробнее: [Aviation Week](#)



Федеральное
агентство
воздушного
транспорта

Росавиация одобрила изменение типовой конструкции пермского двигателя ПД-14

В марте 2023 года Росавиация утвердила изменения в стандартной конструкции российского двигателя ПД-14 [996].

ПД-14 – ведущий двигатель в семействе перспективных гражданских турбовентиляторных двигателей 5 и 5+ поколений с тягой на взлете от 9 до 18 т, изготовленный с использованием передовых технологий и материалов отечественного производства [997].

Главным разработчиком двигателя ПД-14, выпускаемого «ОДК-Пермские моторы», является «ОДК-Авиадвигатель» [997].

Изменения коснутся деталей компрессора и турбины высокого давления, которые теперь будут делаться по новым заготовкам [997].

Планируется, что эксплуатационные расходы ПД-14 уменьшатся на 14–17% по сравнению с аналогичными существующими двигателями, стоимость жизненного цикла снизится на 15–20% [997].

Подробнее: [MASHNEWS](#)



Разработка нового российского авиадвигателя

Уральский завод гражданской авиации разрабатывает новый двигатель ВК-800СМ для использования на самолете ЛМС-901 «Байкал» [998].

В апреле 2023 года было анонсировано, что летные испытания нового российского двигателя ВК-800СМ запланированы на самолете Як-40 в I квартале 2024 года. После завершения испытаний на Як-40 двигатель будет установлен на турбовинтовой ЛМС-901 «Байкал» [998].

Двигатель будет установлен в носовую часть самолета «Байкал», который заменит устаревший парк Ан-2. Предполагается, что сертификация двигателя ВК-800СМ будет завершена к концу 2024 года [999].

Серийное производство двигателей предположительно начнется в 2025 году с планом выпуска 30 двигателей ВК-800СМ. По словам генерального конструктора дивизиона «Двигатели» Сергея Вакушина ВК-800СМ будет более технологичным и ремонтпригодным по сравнению с зарубежным аналогом H80-100 [999].



Подробнее: [RT](#)



Rolls-Royce запустила демонстрационный образец крупнейшего в мире турбовентиляторного двигателя с редуктором

Демонстрационный образец крупнейшего в мире турбовентиляторного двигателя UltraFan был запущен 24 апреля 2023 года на специально построенном испытательном стенде компании в Англии [1000].

В настоящее время не предполагается немедленное применение двигателя, однако компания Rolls-Royce ожидает, что разрабатываемая конструкция, охватывающая диапазон тяги от 25 000 до 110 000 фунтов, сделает ее претендентом для использования в будущих узко- и широкофюзеляжных самолетах, а также для возможных программ реинжиниринга. Кроме того, компания планирует использовать UltraFan в качестве базы для модернизации своих существующих двигателей [1000].

«Технологии, испытания которых мы проводим в рамках этой программы, способны улучшить двигатели сегодняшнего дня, а также двигатели завтрашнего дня, – говорит генеральный директор Rolls-Royce Туфан Эргинбилгич. – Вот почему начало этой работы так важно. Мы являемся свидетелями того, как творится история – шаг вперед в повышении эффективности двигателя» [1000].

Диаметр вентилятора (140 дюймов, или около 3,5 м) на 6 дюймов (15 см) превышает диаметр вентилятора двигателя GE9X компании General Electric, который является самым крупным турбовентиляторным двигателем, эксплуатируемым в настоящее время [1000].

Редуктор 50-мегаваттного двигателя, разработанный и испытанный на заводе Rolls-Royce в Далевице (Германия), станет объектом тщательного анализа [1000].

Планетарная передача общим диаметром приблизительно 2,6 фута (80 см) является крупнейшей, когда-либо разработанной в авиации, и включает коронную шестерню и пять сателлитных шестерен, которые вращаются вокруг солнечной шестерни и обеспечивают движение вентилятора [1000].

Подробнее: [Aviation Week](#)



greenjets

Британский стартап Greenjets разработал малошумный электродвигатель для дронов

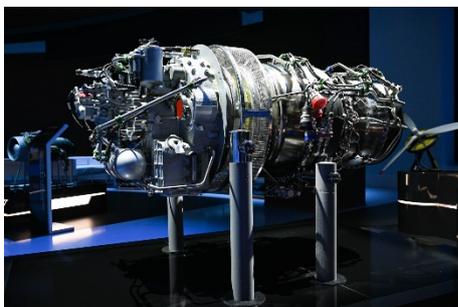
В мае 2023 года британский стартап Greenjets (входит в Blue Bears) анонсировал выпуск на рынок электродвигатель для дронов, разработкой которого занимался последние два года [1001].

Двигатель IPM5 разработан специально для применения в будущем поколении небольших БПЛА, имеет общий вес 750 г и обеспечивает максимальную тягу в размере 5 кгс при соотношении мощности и тяги в 360 Вт/кгс [1001].

IPM5 спроектирован по схеме воздушного винта в кольцевом канале, что обеспечивает как снижение шума, так и повышение безопасности в сравнении с другими схемами [1002].

Greenjets также запатентовала несколько решений, которые позволяют снять проблемы, связанные с соотношением веса и КПД, характерные для воздушных винтов в кольцевом канале. Помимо IPM5 компания использует данную технологию для производства двигателей для электрических летательных аппаратов с вертикальным взлетом и посадкой и региональных самолетов [1002].

Подробнее: [eeNews Europe](#)



Ростех

Ростех завершил испытания демонстратора вертолетного двигателя ВК-1600В

В мае 2023 года АО «ОДК» (входит в ГК «Ростех») объявила об успешном завершении испытаний демонстратора вертолетного двигателя ВК-1600В [531].

Первые прототипы двигателя уже собраны. К концу 2023 года запланировано завершение стендовых испытаний двигателя [531].

Двигатель ВК-1600В предназначен для вертолетов, таких как Ка-62, и имеет потенциал для использования на машинах иностранного производства. Конструкция мотора позволяет осуществлять дальнейшую разработку различных модификаций. Отличительными характеристиками ВК-1600В являются: высокая топливная эффективность и низкая стоимость жизненного цикла. Мощность двигателя ВК-1600В составляет 1400 л. с. в режиме взлета и 1750 л. с. в режиме повышенной мощности на 2,5 минуты [531].

Подробнее: [Госкорпорация «Ростех»](#)



ПРАВИТЕЛЬСТВО
РОССИИ

Pratt & Whitney Canada представила усовершенствованный двигатель PW545D для нового Cessna Citation Ascend

В мае 2023 года компания Pratt & Whitney Canada, представила новый двигатель PW545D для бизнес-джета Cessna Citation Ascend.

Двигатель был спроектирован и усовершенствован с целью снижения расхода топлива, повышения тяги и увеличения межремонтного интервала [1003].

«Семейство турбовентиляторных двигателей PW500 зарекомендовало себя как предпочтительный двигатель для легких и средних бизнес-джетов благодаря своей безопасности, надежности и долговечности, а также разумным эксплуатационным расходам и комплексным планам технического обслуживания, – подчеркнул Николас Канеллиас, вице-президент Pratt & Whitney Canada – это новейший двигатель в этом семействе. Мы применили все знания, полученные при производстве 4600 двигателей PW500 и налетевших более 22 миллионов часов. Этот новый двигатель еще более экономичен, обладает большей тягой и межремонтным интервалом до 6000 часов для некоторых заказчиков» [1003].

Подробнее: [RTX](#)

Правительство РФ утвердило Стратегию развития беспилотной авиации до 2030 года

В соответствии с утвержденной в июне 2023 года стратегией в России в течение ближайших 6,5 лет планируется создание новой отрасли экономики, связанной с гражданскими беспилотниками.

Стратегией определены пять ключевых направлений развития беспилотной авиации: первое касается стимулирования спроса на отечественные беспилотные авиационные системы. Второе – разработки и серийное производство таких систем, а также создание крупных производственных центров, обеспечивающих внедрение новых технологий при создании беспилотников. Третье подразумевает развитие инфраструктуры, включающее строительство аэродромов, вертодромов и перспективных дронопортов. Четвертое – подготовку кадров для беспилотной авиации. Пятое – фундаментальные и перспективные исследования в сфере беспилотных авиационных систем [114].

Подробнее: [Правительство РФ](#)



Российские ученые разработали свой двигатель для беспилотников

В июне 2023 года было объявлено, что по программе «Приоритет 2030» ученые из Самарского университета имени С.П. Королева разработали компактный поршневой двигатель, предназначенный для использования в беспилотных летательных аппаратах. Планируется, что данный двигатель станет основой для разработки линейки универсальных двигателей. В настоящее время разработчики готовят опытный образец для проведения испытаний и доводки [1004].

«Работы по созданию малоразмерных авиационных поршневых двигателей в диапазоне мощности от 5 до 50 л. с. сегодня актуальны, как никогда. <...> для российских разработчиков беспилотников импортные двигатели этого класса сейчас недоступны либо из-за заоблачных цен, либо прекращения поставок. А российских разработок в этой нише сейчас практически нет», – отметил Михаил Орлов [1004].

Подробнее: [Российская газета](#)



Pratt & Whitney и Awiros представили программную систему для анализа авиационных двигателей на основе искусственного интеллекта

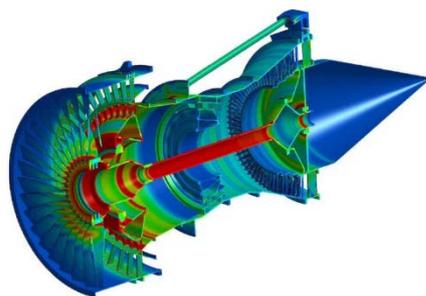
В июне 2023 года компания Pratt & Whitney совместно с индийским стартапом Awiros, представили новую программную систему для проверки авиационных двигателей, основанную на искусственном интеллекте [1005].

Новая программная система Percept интегрирована с операционной системой Awiros Video Intelligence и облачным интерфейсом. Программная система позволяет пользователям захватывать видео и изображения авиационных двигателей через мобильные устройства. Основные преимущества разработанной программной системы включают возможность реагировать на отказы деталей двигателя в режиме реального времени, эффективное проведение осмотров с минимальными затратами и быструю замену компонентов двигателя [1005].

Программная система, разработанная Awiros будет запущена в коммерческую эксплуатацию в 2023 году [1005].

Подробнее: [The Defense Post](#)





Компании Rolls-Royce и Ansys сократили время, затрачиваемое на моделирование в ходе разработки авиадвигателей

В июне 2023 года компания Rolls-Royce сообщила, что значительно сократила время разработки термомеханических моделей газотурбинных двигателей с использованием технологий Ansys и Intel HPC, снизив его с 1000 ч до менее чем 10 ч [1006].

Компания использует технологии цифрового моделирования Ansys, технологии высокопроизводительных вычислений Intel HPC, а также технологии цифровых двойников в исследованиях и разработках улучшенных конструкций двигателей для повышения экологичности и климатической нейтральности их работы и выработки электроэнергии [1006].

Ansys предоставляет Rolls-Royce возможность уменьшить требования к оперативной памяти, ускорить производительность и повысить эффективность параллельных расчетов. При использовании библиотеки математического ядра Intel oneAPI MKL, Ansys LS-DYNA способствует снижению потребления памяти, занятой моделированием, и значительно (на несколько порядков) ускоряет процессы, что приводит к экономии мощности и энергии [1006].

Применение моделирования и цифровых двойников в процессе разработки высокоточных конструкций и виртуальных прототипов позволяет инженерам получать информацию, способствующую проектированию более эффективных силовых установок [1006].

Инициатива получает поддержку со стороны Oak Ridge Leadership Computing Facility, Hewlett Packard Enterprise и исследователей NCSA [1006].

Oak Ridge Leadership Computing Facility – центр высокопроизводительных вычислений, предназначенный для решения сложных научных проблем с помощью ресурсов HPC.

Hewlett Packard Enterprise (HPE) – американская компания в области информационных технологий, специализирующаяся на цифровой трансформации, интеллектуальных технологиях edge, системах хранения данных, серверах и сетевых продуктах.

National Center for Supercomputing Applications (NCSA) – научно-исследовательский центр по развитию суперкомпьютерных технологий.

Подробнее: [Aerospace Testing International](#)



Компания Pratt & Whitney завершает предварительный анализ проекта модернизации внутреннего контура двигателя F135

В июне 2023 года компания Pratt & Whitney объявила о том, что завершает предварительный анализ конструкции двигателя F135 (PDR) и переходит к этапу детального проектирования в начале 2024 года [1007].

Цель PDR – продемонстрировать, что проект соответствует требованиям заказчика с приемлемым риском, а технологическая зрелость проекта достаточна для перехода к этапу детального проектирования [1007].

В марте 2023 года Министерство обороны США приняло решение модернизировать F135 вместо замены его новым двигателем [1007].

Подробнее: [RTX](#)

RTX успешно завершила испытание электродвигателя номинальной мощностью 1 МВт

В июне 2023 года стало известно, что компания RTX достигла значительных успехов в рамках реализации программы разработки гибридно-электрической силовой установки, успешно завершив испытания электродвигателя при номинальной мощности 1 мегаватт (МВт) [1008].

Электродвигатель мощностью 1 МВт будет объединен с высокоэффективным тепловым двигателем, разработанным Pratt & Whitney, как часть гибридно-электрической силовой установки. Основная цель данной установки заключается в демонстрации потенциального 30-процентного повышения топливной эффективности и снижения выбросов CO₂ по сравнению с самыми передовыми турбовинтовыми двигателями для региональных самолетов [1008].

По сравнению с другими электродвигателями-генераторами Collins, новый двигатель будет выдавать в четыре раза больше мощности и в два раза больше напряжения при вдвое меньших потерях тепла и вдвое меньшем весе [1008].

Планируется установить двигательную установку и аккумуляторы на летающую лабораторию на базе самолета Bombardier Dash 8-100, летные испытания двигателя запланированы на 2024 год [1008].

Подробнее: [RTX](#)



ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

В России разработают двигатель мирового уровня для беспилотников в 2024 году

В июле 2023 года специалисты Научного центра мирового уровня «Передовые цифровые технологии» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (НЦМУ СПбПУ) объявили о разработке мало-размерного турбовинтового двигателя CML-180/240, который сможет заменить широко используемые сегодня в беспилотниках и легких самолетах иностранные поршневые двигатели Lycoming и Continental [1009].

«Разработка двигателей для беспилотных авиационных систем (БАС) сегодня – одна из приоритетных задач в достижении технологического суверенитета нашей страны. В Российской Федерации утверждена Стратегия развития беспилотной авиации, среди ключевых направлений которой – разработка и серийное производство отечественных беспилотных авиационных систем, а также фундаментальные и перспективные исследования в сфере беспилотных авиационных систем», – объяснил значимость и актуальность двигателя проректор по цифровой трансформации СПбПУ, руководитель НЦМУ «Передовые цифровые технологии» и ПИШ СПбПУ «Цифровой инжиниринг» А.И. Боровков [1009].

В настоящее время в России отсутствуют отечественные серийные турбовинтовые авиационные двигатели мощностью до 500 кВт, и новый двигатель инженеров НЦМУ СПбПУ призван заполнить эту нишу.

Разработка двигателя CML-180/240 ведется с применением технологии цифрового двойника на базе отечественной цифровой платформы CML-Bench®. Ранее эта же передовая технология использовалась при совместной с АО «ОДК-Климов» разработке авиационного двигателя ТВ7-117СТ-01. Также в настоящее время специалисты Инжинирингового центра СПбПУ совместно с ПАО «ОДК-Сатурн» ведут работу по созданию цифрового двойника одного из самых сложных в мире изделий – морского газотурбинного двигателя и редуктора в составе агрегата [1009].

Проектирование ведется с учетом таких значимых факторов, как минимальная стоимость двигателя и минимальные затраты при его эксплуатации.

Завершение разработки двигателя CML-180/240 планируется в 2024 году [1009].

Подробнее: [СПбПУ](#)



На «Армии-2023» «Ростех» впервые представил перспективный двигатель СМ-100

В августе 2023 года Объединенная двигателестроительная корпорация («ОДК») Госкорпорации «Ростех» представила на форуме «Армия-2023» двигатель СМ-100 для модернизированного учебно-боевого самолета Як-130М [1010].

У двигателя, созданного на базе АИ-222-25, при аналогичных габаритах и массе тяга увеличится на 20%, а ресурс – в два раза [1010].

Улучшение характеристик было достигнуто за счет увеличения степени сжатия, современного трехступенчатого компрессора низкого давления, модернизированных компонентов камеры сгорания и более надежных турбин [1010].

Подробнее: [AVIA.RU Network](https://avia.ru/network)

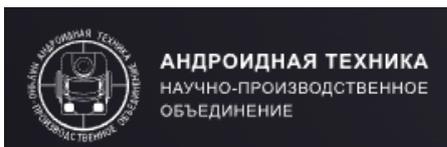


Революционное улучшение в производстве газотурбинных двигателей

В августе 2023 года специалисты ПАО «ОДК-Сатурн» (входит в Объединенную двигателестроительную корпорацию) разработали новый состав электролита, позволяющий уменьшить время полировки лопаток газотурбинных двигателей в 15 раз [1011].

Электролитно-плазменная полировка предполагает использование электрического тока, раствора соли и настройку. Предлагаемый электролит включает водный раствор сульфата аммония и фторида натрия [1011].

Подробнее: [MASHNEWS](https://mashnews.ru)



В России развернут серийное производство электродвигателей для БПЛА

В сентябре 2023 года российское НПО «Андронидная техника» объявило, что развернет серийное производство электродвигателей для БПЛА к концу 2023 года [1012].

«Предполагается выпускать тысячи силовых установок в диапазоне мощностей от 100 ватт до 10–12 киловатт, то есть от миниатюрных БАС (беспилотных авиационных систем) с грузоподъемностью 500 г до чего-то посложнее с грузоподъемностью 5–15 кг», – сообщил управляющий директор предприятия Евгений Дудоров [1012].

Подробнее: [РИА Новости](https://ria.ru)



Улучшенный двигатель ТВ7-117СТ-01: новые возможности для авиации

В сентябре 2023 года компанией АО «ОДК-Климов» было получено одобрение Росавиации на модификацию двигателя ТВ7-117СТ-01. Теперь двигатель можно использовать на высоте до 7600 м [1013].

Улучшение характеристик двигателя проводится с целью успешного прохождения испытаний и является частью плана по улучшению семейства ТВ7-117.

ТВ7-117 – это семейство двигателей для вертолетов и региональных самолетов, которые изготовлены с использованием современных материалов и покрытий [1013].

Подробнее: [Госкорпорация «Ростех»](#)



Первый в мире беспилотник с вращающимся детонационным двигателем успешно испытали в Китае

В сентябре 2023 года первый китайский дрон с вращающимся детонационным двигателем (RDE FB-1) успешно совершил свой первый полет в провинции Ганьсу [1014].

Двигатель был разработан совместно Научно-исследовательским институтом промышленных технологий Университета Чунцина и частной компанией Thrust-to-Weight Ratio Engine (TWR) [1014].

В отличие от традиционных турбореактивных двигателей, в RDE FB-1 используется контролируемая детонация для эффективного сгорания топлива, что позволяет достигать беспрецедентных скоростей без необходимости достижения высоких начальных скоростей. Благодаря данным преимуществам, вращающийся детонационный двигатель может значительно увеличить скорость и маневренность дронов.

В китайских социальных сетях появились изображения, на которых запечатлен момент запуска и тестирования двигателя во время руления беспилотного летательного аппарата (БПЛА) длиной около 5 м. Однако не имеется подтверждения о проведении испытаний двигателя FB-1 RDE в полетных условиях. Сам факт разработки прототипа двигателя, установленного на летательном аппарате, представляет собой значимое событие. Ранее было известно только о проведении стендовых испытаний [1015].

Подробнее: [Defence.pk](#)



easyJet



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt**
German Aerospace Center

Развитие технологии двигателей внутреннего сгорания на водороде: совместный проект Rolls-Royce и easyJet

Британская компания Rolls-Royce, специализирующаяся на производстве авиадвигателей и силовых установок для судов и промышленности, сотрудничает с авиакомпанией-лоукостером easyJet с целью разработать двигатель внутреннего сгорания на водороде [1016].

Совместно с британским Университетом Лафборо и Немецким центром авиации и космонавтики (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR) Rolls-Royce стал ключевым участником в разработке технологии двигателей на водороде [1016].

В сентябре 2023 года компания Rolls-Royce сообщила, что испытания полноразмерной кольцевой камеры сгорания двигателя Pearl 700 на заводе DLR в Кельне, работающего на 100% водороде, подтвердили возможность использования топлива в условиях, обеспечивающих максимальную взлетную тягу [1016].

Ключевым в этом процессе стала конструкция усовершенствованных топливных форсунок, способных регулировать положение пламени [1016].

Испытания отдельных форсунок на лабораторных установках под средним давлением в Университете Лафборо и DLR, включая окончательные испытания камеры сгорания под полным давлением в DLR, подтвердили работоспособность камеры сгорания и соответствие уровня выбросов предъявленным требованиям [1016].

В 2022 году easyJet и Rolls-Royce также стали первыми в использовании современного авиационного двигателя AE 2100 на «зеленом» водороде в Боскомб-Дауне (Великобритания).

Данные успехи позволяют утверждать, что часть водородной программы, связанная с процессом сгорания топлива, с успехом прошла испытания, и в настоящий момент ведется работа над интеграцией систем подачи топлива в двигатель [1016].

Технологии, проверенные в Университете Лафборо и DLR, будут использоваться для дальнейших испытаний в Боскомб-Дауне, что станет следующим этапом в тестировании – запуске полномасштабного наземного испытания двигателя Pearl [1016].

Подробнее: [Rolls-Royce](#)



НПО АМБ



Малый бизнес Петербурга готов включиться в нацпроект по развитию беспилотной авиации

В октябре 2023 года НПО «АМБ» (входит в состав концерна «Росант») объявило о выпуске тестовой партии, специализирующееся на оптико-тепловизионных системах, выпустил тестовую партию двигателей внутреннего сгорания собственной разработки, предназначенных для дронов самолётного типа [1017].

Двигатель мощностью 3,5 л. с. может быть адаптирован для различных типов дронов. В настоящий момент ведется локализованное производство. Первоначальная партия из 30 двигателей отправлена на ресурсные и летные испытания [1017].

В зависимости от спроса производство потенциально может увеличиться до нескольких сотен единиц в месяц [1017].

Подробнее: [Деловой Петербург](#)

ARPA-E выделило 4,5 млн долл. на проект по созданию прототипа двигателя с топливными элементами и экологичным авиационным топливом (SAF)

В октябре 2023 года Американское Агентство передовых исследований в области энергетики (Advanced Research Projects Agency-Energy, ARPA-E) выделило 4,5 млн долл. для завершения второй фазы проекта GE в рамках программы REEACH, направленного на производство опытного образца (демонстратора) гибридной силовой установки мощностью 25 кВт, которая сочетает в себе твердооксидные топливные элементы и газотурбинный двигатель на экологичном авиационном топливе (SAF) [608].

Применение твердооксидных топливных элементов может значительно повысить эффективность преобразования химической энергии SAF в электрическую энергию, что позволит приблизиться к цели нулевого уровня выбросов углекислого газа [608].

Интеграция топливных элементов с реактивным двигателем в составе силовой установки представляет собой многообещающую гибридную конфигурацию для повышения топливной эффективности. Отметим, что часть SAF преобразуется в синтетический газ для заправки топливных элементов, при этом большая часть SAF потребляется реактивным двигателем [608].

Подробнее: [GE](#)



В Москве прошел Российский конгресс двигателестроения, в рамках которого генеральный директор АО «ОДК» Вадим Бадеха рассказал о продуктовой стратегии компании

В рамках российского конгресса, который прошел в Москве в октябре 2023 года, Объединенной двигателестроительной корпорацией, входящей в Госкорпорацию «Ростех» была проведена пленарная сессия «Двигателестроение с форсажной камерой: приоритеты отрасли в современных условиях» [1018].

На сессии присутствовали заместитель Председателя Правительства РФ – Министр промышленности и торговли РФ Денис Мантуров и генеральный директор «Ростеха» Сергей Чемезов [1018].

В ходе сессии генеральный директор ОДК Вадим Бадеха рассказал о значительном росте производства авиационных и промышленных двигателей и особо отметил продуктовую стратегию компании [1018].

Бадеха озвучил план корпорации по амбициозному, но осуществимому увеличению производства двигателей в течение следующих семи лет с целью увеличить выпуск силовых агрегатов к 2030 году [1018].

Подробнее: [АО «ОДК»](#)



Планы по выпуску двигателей ПД-8 и ПД-14

В октябре 2023 года Денис Мантуров, заместитель Председателя Правительства РФ – Министр промышленности и торговли РФ, заявил о необходимости значительного увеличения поставок двигателей АО «ОДК» (входит в ГК «Ростех») в рамках гражданского госзаказа до 2030 года.

Вице-премьер отметил, что ОДК должна десятикратно нарастить поставки двигателей и рассказал о планах выпуска более 40 двигателей ПД-8 и 15 двигателей ПД-14 до 2024 года [1019].

Мантуров также упомянул о целях поставить более 3,5 тыс. вертолетных силовых установок ВК-650В, ВК-1600В, ВК-2500 и ТВ7-117В к 2030 году [1020].

Генеральный директор АО «ОДК» Вадим Бадеха подчеркнул, что существенное увеличение выпуска двигателей в течение предстоящих 7 лет представляет собой амбициозную, но осуществимую цель [1019].

Подробнее: [ТАСС](#)



DARPA заключило контракт с Raytheon на разработку революционного воздушно-реактивного вращающегося детонационного двигателя Gambit

В октябре 2023 года Управление перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA) объявило о заключении контракта с поставщиком вооружения и военной техники для вооружённых сил США Raytheon на разработку революционного воздушно-реактивного вращающегося детонационного двигателя Gambit [1021].

Вращающийся детонационный двигатель (RDE) может заменить сложную систему газовой турбины благодаря своей специфике сжигания топливовоздушных смесей [1021].

RDE обладает рядом таких преимуществ, как простота конструкции, легкость, компактность, а также RDE не требует использования металлов с необычными свойствами и керамики.

Gambit представляет собой программу по разработке пилотного двигателя, предназначенного для обеспечения потребностей будущих систем вооружения различных министерств и ведомств [1021].

«Это революционная силовая установка, – сказал Колин Уилан, руководитель направления «Передовые технологии» компании Raytheon. – Мы используем существующие программные системы цифрового проектирования и опыт всего бизнеса RTX, чтобы быстро создать прототип и довести технологию до высокой стадии зрелости» [1022].

На данный момент проект находится на стадии предварительного проектирования двигателя и его основных компонентов [1021].

Raytheon будет работать над разработкой двигателя Gambit в составе последовательных итераций с целью создания конструкции, адаптированной к будущим системам военного вооружения. Создание двигателя будет вестись путем итерационной разработки моделей для расчета характеристик (performance models), которые будут проходить валидацию на основе данных, получаемых по результатам пошаговых испытаний всей системы, что позволит существенно сократить сроки и себестоимость разработки.

Подробнее: [Raytheon Company](#)



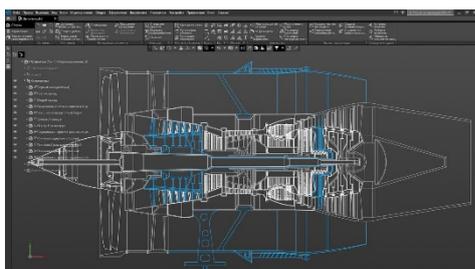
ОДК интегрирует более 20 цехов в систему «Умный цех» при поддержке Российского фонда развития информационных технологий

В октябре 2023 года АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» (входит в ГК «Ростех») объявила о том, что планирует интегрировать более чем 20 своих цехов, где осуществляется сборка двигателей для самолетов, в систему «Умный цех» [1023].

Программа базируется на использовании Big Data и промышленном интернете вещей с целью улучшения контроля и принятия более эффективных управленческих решений [1024].

В общую информационную платформу будут объединены 23 цеха. К системе уже присоединился центр компетенций, производящий лопатки газотурбинных двигателей [1023].

Подробнее: [MASHNEWS](#)



Ростех



Новая инициатива «Ростеха»: российские авиадвигатели будут проектировать с использованием отечественного инженерного ПО

В октябре 2023 года Госкорпорация «Ростех» сообщила о планах по разработке будущих российских авиадвигателей с использованием отечественного инженерного программного обеспечения.

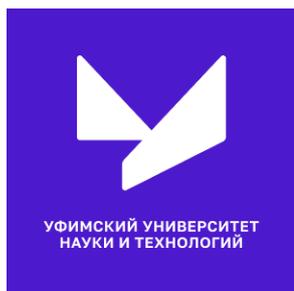
Объединенная двигателестроительная корпорация и АСКОН начали разработку отечественных CAD- и PLM-решений, которые заменят зарубежные аналоги и будут использованы в развитии отрасли двигателестроения [755].

Российские программные решения были представлены на демо-дне Индустриального центра компетенций «Двигателестроение». Центр занимается разработкой российского инженерного программного обеспечения [755].

В настоящее время «ОДК-Авиадвигатель» тестирует разработанные системы для внедрения доработок. Планируется, что с помощью российского программного обеспечения будут созданы новейшие авиационные двигатели ПД-8В и ПД-35 [755].

Проект по созданию инженерного программного обеспечения стартовал в начале 2023 года и завершится в конце 2026 года.

Подробнее: [Госкорпорация «Ростех»](#)



Инженеры Уфимского университета разработали новую модель двигателя для дронов большой грузоподъемности, которая превосходит зарубежные модели

В ноябре 2023 года в Уфимском университете науки и технологий (УУНиТ) разработали модель двигателя для дронов с грузоподъемностью более 100 кг [1025].

В России пока нет выпуска двигателей для таких дронов. Однако данный вид беспилотников грузоподъемностью 100–200 кг и более станет наиболее востребованным в ближайшие годы [1025].

Инженеры УУНиТ ориентировались на аналоги мировых лидеров в этой области, таких как компании Emrax, Pipistrel (Словения) и Rotax (Австрия) при разработке новой модели двигателя [1025].

«В европейских двигателях обычно применяются специальные сплавы VACOFLUX и VACODUR. Мы использовали отечественный аналог стали – прецизионный сплав 49K2ФА. По своим характеристикам она похожа на сплав VACODUR. За счет того, что у этой стали высокая индукция насыщения, можно делать двигатели с высокими показателями удельной мощности. Благодаря этому можно делать двигатели компактными», – поясняет Руслан Каримов [1025].

Подробнее: [MASHNEWS](https://mashnews.ru)



В БГТУ «Военмех» создана линейка двигателей для БПЛА различного назначения

В ноябре 2023 года в Балтийском государственном техническом университете «Военмех» имени Д.Ф. Устинова разработали серию малых турбореактивных двигателей тягой 9, 20 и 55 кгс, предназначенных для использования в беспилотных летательных аппаратах [1026].

Данные двигатели считаются важнейшим компонентом быстрых БПЛА различных типов, поскольку массовое производство таких двигателей в стране отсутствует. Стратегический акцент делается на локализацию их производства для повышения технологической независимости и укрепления потенциала национальной обороны.

Каждый двигатель оснащен собственной системой управления, разработанной на основе доступной элементной базы [1026].

Подробнее: spbdtvnik.ru



Инновационные технологии для увеличения производства газотурбинных двигателей: Инженеры «ОДК-Сатурн» внедрили ротационную сварку авиационных двигателей

В ноябре 2023 года инженеры ПАО «ОДК-Сатурн» (входит в состав АО «ОДК») – двигателестроительной компании, специализирующейся на разработке, производстве и послепродажном обслуживании газотурбинных двигателей для гражданской авиации, стали лауреатами конкурса «Авиастроитель года» за успешную реализацию ротационной сварки трением в процессе соединения деталей авиационных двигателей и дипломантами за гибридную аддитивную штамповку [1027].

Данный перспективный метод сварки заменяет традиционную электронно-лучевую сварку.

Разработанная технология обеспечивает высокое качество соединения деталей, сокращает трудозатраты и время производства, что делает её важным достижением в авиационной промышленности [1027].

«Инженеры «ОДК-Сатурн» разработали и внедрили эту технологию для определенного типа двигателей взамен электронно-лучевой сварки. Новый метод сварки способствует выполнению увеличивающейся производственной программы по серийному изготовлению газотурбинных двигателей», – сказал главный инженер «ОДК-Сатурн» Игорь Ильин [1027].

В свою очередь гибридная аддитивная штамповка, представляющая собой инновационный процесс, который объединяет в себе классическую штамповку и аддитивный метод селективного электронно-лучевого сплавления.

С помощью данного подхода по математической модели создается заготовка с применением аддитивных методов, после чего происходит штамповка в изотермических условиях, что приводит к получению готовой штампованной заготовки без потребности в дополнительной механической обработке. Подход существенно сокращает сроки и стоимость изготовления деталей [1027].

Подробнее: [АО «ОДК»](#) [1027]



Первый международный коммерческий авиасалон прошел в Шанхае

В ноябре 2023 года более 200 предприятий из 11 различных стран и регионов демонстрировали свои новейшие технологии, продукты и решения в области гражданской авиации на первом международном коммерческом авиасалоне, прошедшем в городе Шанхае (Китай) [1028].

Мероприятие предоставило посетителям уникальную возможность внимательно изучить двигатели, которые устанавливаются на основные самолеты, производимые в Китае, России, странах Европейского союза и США [1028].

На выставке были представлены полноразмерные модели таких двигателей, как CJ1000A, разработанный китайской Aero Engine Corp для первого китайского многоместного пассажирского самолета, и ПД-14 – турбовентиляторный двигатель, самостоятельно разработанный ОДК [1028].

Подробнее: [CHINA DAILY](#)



Ученые МАИ разрабатывают новое покрытие для продления срока службы авиационных двигателей

В ноябре 2023 года ученые из Московского авиационного института (МАИ) сообщили о том, что занимаются разработкой покрытия, предназначенной для защиты узлов трения в авиационных двигателях и энергетических установках [1029].

Долговечность авиационного двигателя зависит от устойчивости деталей, подвергающихся износу. Использование жидких смазок и масел почти невозможно из-за высоких температур и давлений. Вместо этого, ученые обращают внимание на применение твердых смазок, объединяющих свойства смазки и износостойких материалов [1029].



На данный момент для защиты изнашивающихся деталей двигателей широко используются однокомпонентные твердые смазки на металлической или полимерной основе. МАИ разрабатывает более сложное покрытие, состоящее из твердой никелевой матрицы и графита, обладающее лучшим сцеплением и более высокой износостойкостью. Планируется провести испытания покрытия в начале 2024 года [1029].

Подробнее: [МАИ](#)



Начались разработки гибридных силовых установок (ГСУ) для авиации

Использование электрической тяги на сегодняшний день ограничено в основном малой авиацией из-за невысоких требований к грузоподъемности и дальности полета [1030].

Однако в авиации также начали активно разрабатывать гибридные силовые установки (ГСУ), объединяющие тепловые и электрические двигатели, что обеспечивает экономичность и безопасность полета. Потенциальные области применения ГСУ варьируются от беспилотных летательных аппаратов до пассажирских самолетов и вертолетов [1030].

Несмотря на то что ГСУ вряд ли смогут сразу полностью заместить другие силовые установки в авиации, уже сегодня разработчики из различных стран обращают внимание на их потенциал [1030].

Подробнее: [Госкорпорация «Ростех»](#)



Pratt & Whitney Canada и Gulfstream Aerospace Corporation объявили об успешном завершении первого трансатлантического полета на бизнес-джете Gulfstream с использованием экологически чистого авиационного топлива (SAF) в двигателях

В ноябре 2023 года канадский производитель авиационных двигателей Pratt & Whitney Canada (подразделение RTX Corporation, RTX) совместно с американской авиастроительной корпорацией Gulfstream Aerospace Corporation объявили об успешном завершении первого трансатлантического полета бизнес-джета Gulfstream с использованием экологически чистого авиационного топлива (SAF) в обоих двигателях PW815GA. Самолет Gulfstream G600 совершил полет с двигателями, работающими на 100% гидропереработанных сложных эфирах и жирных кислот (HEFA) [1031].

«Этим трансатлантическим перелетом мы демонстрируем функциональность как двигателя, так и самолета в условиях эксплуатации для обоснования будущих технических характеристик 100-процентного SAF, что будет иметь решающее значение для достижения нулевого уровня выбросов CO₂ для авиации», – сказал Энтони Росси, вице-президент по продажам и маркетингу Pratt & Whitney Canada [1031].

Подробнее: [RTX](#)



GulfstreamTM
A GENERAL DYNAMICS COMPANY



В декабре 2023 года в Ростехе сообщили, что испытания полноразмерного турбореактивного двигателя ПД-35 запланированы на начало 2024 года

В октябре 2023 года прошли первые испытания газогенератора авиадвигателя ПД-35 в условиях, имитирующих работу полноразмерного мотора [1032].

Ожидается, что ПД-35 будет иметь тягу на 16 т больше (до 35 т) по сравнению с предыдущей модификацией – ПД-14 [1032].

Ранее Денис Мантуров, заместитель Председателя Правительства РФ – Министр промышленности и торговли РФ, сообщил, что двигатель ПД-35 может быть готов к 2030 году, но его тяга может быть ниже 35 тонн. Окончательное решение по этому вопросу будет принято весной 2024 года [1033].

Подробнее: [ТАСС](#)



Новосибирский
государственный
технический университет
НЭТИ

РУСАВИАПРОМ



Применение реверс-инжиниринга в разработке турбовинтового двигателя для ТВС-2МС

Повестка круглого стола, проведенного в декабре 2023 года ООО «Русавиапром» в Нижегородском государственном техническом университете (НГТУ), заключалась в сборе информации о потенциальных возможностях создания российского турбовинтового двигателя методом обратного проектирования [1034].

Компания «Русавиапром» производит самолеты ТВС-2МС, для которых требуется замена устаревшего поршневого двигателя АШ-62ИР на современный турбовинтовой двигатель производства Honeywell.

Предполагается, что процесс реверс-инжиниринга американского турбовинтового двигателя ТРЕ331-12 займет от трех до пяти лет. Разработка двигателя подобного класса может способствовать развитию легкой авиации в России [1034].

Отечественная авиационная промышленность имеет опыт создания техники методом обратного инжиниринга, как это было продемонстрировано в случае с бомбардировщиком Ту-4 во второй половине 1940-х годов [1034].

Подробнее: [Авиация России](#)



Оцифровка двигателя ПД-14 для МС-21: новый подход к эксплуатационной документации

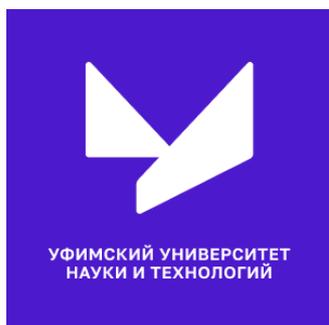
В декабре 2023 года АО «ОДК» успешно завершила оцифровку двигателя ПД-14, предназначенного для эксплуатации на отечественном пассажирском лайнере МС-21 [1035].

Двигатель пятого поколения ПД-14, уже находящийся в серийном производстве, будет обслуживаться с применением интеллектуальных технологий [1036].

Одним из ключевых преимуществ новой системы послепродажного обслуживания (ППО) является предоставление авиакомпаниям полного комплекта интерактивной эксплуатационной документации, обеспечивающего более эффективную и оперативную поддержку технического состояния и работоспособности как двигателя, так и самолета в целом [1037].

Внедрение инновационных технологий позволит существенно сократить время простоев лайнеров, что делает эксплуатацию МС-21 для авиакомпаний более комфортной, беспроблемной и экономически выгодной.

Подробнее: [Авиация России](#)



Уфимский университет науки и технологий разрабатывает авиационные поршневого двигателя для малой авиации и БПЛА

В декабре 2023 года ученые Уфимского университета науки и технологий (УУНиТ) сообщили о том, что ведут по разработке опытного образца авиационного поршневого двигателя ДДА-160, который призван заменить широко используемый австрийский двигатель Rotax.

ДДА-160 предназначен для применения на крупных беспилотных летательных аппаратах и небольших самолётах. ДДА-160 обладает рабочим объёмом 1600 куб. см и представлен в двух вариантах: с использованием керосина с мощностью 170 л. с. и в топливной версии от 190 до 220 л. с. [1038].

Кроме того, в 2024 году УУНиТ совместно со сколковским резидентом «Двигатели для авиации» планирует запустить совместное серийное производство четырёхтактных поршневых двигателей, которые до этого момента в России массово не выпускались [1039].

Подробнее: [УУНиТ](#)

БИБЛИОГРАФИЯ

1. План мероприятий («дорожная карта») «Технет» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы, 2021 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nti.one/documents/docs/ДК%20Технет.pdf> (дата обращения: 28.06.2023).
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21 июня 2023 г. № 1630-р «Стратегия развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года» [Электронный ресурс] : Документ. – Правительство Российской Федерации, 2023. – URL: <http://static.government.ru/media/files/3m4AHa9s3PrYTDr316ibUtyEVUpnRT2x.pdf> (дата обращения: 21.12.2023).
3. Путин: Объем отрасли беспилотных летательных аппаратов может достигать 1 трлн рублей [Электронный ресурс] : Новости / Российская газета. – 2023. – URL: <https://rg.ru/2023/04/27/putin-obem-otrasli-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-mozhet-dostigat-1-trln-rublej.html> (дата обращения: 21.12.2023).
4. Национальный проект «Беспилотные авиационные системы» [Электронный ресурс] : Новости. – Правительство России, 2023. – URL: <http://government.ru/rugovclassifier/906/events/> (дата обращения: 21.12.2023).
5. Михаил Мишустин провёл стратегическую сессию по развитию беспилотных авиационных систем [Электронный ресурс] : Новости. – Правительство России, 2023. – URL: <http://government.ru/news/49492/> (дата обращения: 27.11.2023).
6. Команда Центра НТИ СПбПУ и Инфраструктурного центра «Технет» СПбПУ приняла участие в работе проектно-образовательного интенсива «Архипелаг 2023» [Электронный ресурс] : Новости / Fea.ru. – 2023. – URL: <https://fea.ru/news/8568> (дата обращения: 27.11.2023).
7. Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ подвел предварительные итоги реализации программы в 2023 году на Пятом международном форуме «Передовые цифровые и производственные технологии» [Электронный ресурс] : Новости / Fea.ru. – 2023. – URL: <https://fea.ru/news/8638> (дата обращения: 27.11.2023).
8. Андрей Белоусов обсудил с представителями отрасли статус нацпроекта по беспилотникам и посетил соревнования дронов [Электронный ресурс] : Новости. – Правительство России, 2023. – URL: <http://government.ru/news/49227/> (дата обращения: 21.12.2023).
9. Большой экономический словарь: 25000 терминов / ред. А.Н. Азрилян. – Изд. 6-е, доп. – М: Институт новой экономики, 2004. – 1376 с.
10. Авиационный двигатель [Электронный ресурс] : Общая информация. – Большая российская энциклопедия, 2023. – URL: https://old.bigenc.ru/technology_and_technique/text/4008614 (дата обращения: 13.12.2023).
11. Авиационная силовая установка [Электронный ресурс] : Общая информация. – Энциклопедия Кругосвет, 2023. – URL: https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/tehnologiya_i_promyshlennost/AVIATSIONNAYA_SILOVAYA_USTANOVKA.html (дата обращения: 13.12.2023).
12. Просто о сложном. Двигатель [Электронный ресурс] : Аналитика. – Ростех, 2023. – URL: <https://rostec.ru/analytics/16/> (дата обращения: 18.12.2023).
13. Авиационный двигатель [Электронный ресурс] : Словарь / Словари и Энциклопедии. – 2023. – URL: <http://rudictionary.com/military/Aviacionn-dvigatel-1767.html> (дата обращения: 18.12.2023).
14. Авиационный словарь [Электронный ресурс] : Vzletim.aero / Портал о малой авиации. – 2023. – URL: <https://vzletim.aero/encyclopedia/dictionary/term.php?id=5593> (дата обращения: 18.12.2023).
15. Дроны и беспилотные летательные аппараты [Электронный ресурс] : Отчет. – АПР, 2020. – URL: https://leader-id.storage.yandexcloud.net/event_doc/436213/648af99336c1a573583773.pdf (дата обращения: 18.12.2023).

16. Aircraft Engine Market (By Type: Turboprop, Turbofan, Turboshift, Piston Engine; By Component: Compressor, Turbine, Gearbox, Exhaust System, Fuel System, Others; By Platform: Fixed Wing Aircraft, Rotary Wing Aircraft, Unmanned Ariel Vehicles; By Technology: Conventional, Hybrid) – Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023-2032 [Электронный ресурс] : Market Report / Precedence Research. – 2023. – URL: <https://www.precedenceresearch.com/aircraft-engine-market> (дата обращения: 31.10.2023).
17. Aircraft Engine Market Size & Share Analysis – Growth Trends & Forecasts (2023 - 2028) [Электронный ресурс] : Market Report / Mordor Intelligence. – 2023. – URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/aircraft-engines-market> (дата обращения: 31.10.2023).
18. Aircraft Engines Market: Industry Analysis and Forecast (2023-2029) by Technology, Type, Platform and Region [Электронный ресурс] : Market Report / Maximize Market Research. – 2023. – URL: <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-aircraft-engines-market/31471/> (дата обращения: 31.10.2023).
19. Aircraft Engines Market Size, Share, Trends and Forecast 2032 [Электронный ресурс] : Market Report / MarketReserach.biz. – 2023. – URL: <https://marketresearch.biz/report/aircraft-engines-market/> (дата обращения: 13.12.2023).
20. Aircraft Engine Market Size, Share & Growth, Forecast (2029) [Электронный ресурс] : Market Report / Fortune Business Insights. – 2023. – URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/aircraft-engine-market-101766> (дата обращения: 31.10.2023).
21. Aircraft Engines Market Share, Size, Outlook, Report, Forecast [Электронный ресурс] : Market Report / Allied Market Research. – 2022. – URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/aircraft-engines-market> (дата обращения: 15.12.2023).
22. Global aircraft engine market size 2019-2027 [Электронный ресурс] : Overview. – Statista, 2021. – URL: <https://www.statista.com/statistics/1100610/aircraft-engine-market-size-worldwide/> (дата обращения: 15.12.2023).
23. UAV Propulsion SystemsMarket Size & Share Analysis – Industry Research Report – Growth Trends [Электронный ресурс] : Market Report / Mordor Intelligence. – 2023. – URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/uav-propulsion-systems-market> (дата обращения: 13.12.2023).
24. UAV Propulsion System Market Size, Scope, Growth, Trends [Электронный ресурс] : Market Report / Insight Ace Analytic. – 2023. – URL: <https://www.insightaceanalytic.com/report/uav-propulsion-system-market/1806> (дата обращения: 27.11.2023).
25. Global UAV Propulsion System Market (2022-2027) by Type, Range, End User, Geography, Competitive Analysis and the Impact of Covid-19 with Ansoff Analysis [Электронный ресурс] : Market Report / Research and Markets. – 2023. – URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5635605/global-uav-propulsion-system-market-2022-2027> (дата обращения: 13.12.2023).
26. UAV Propulsion System Market Growth, Size, Trends, Challenges and Future Competition [Электронный ресурс] : Market Report / SPER Market Research. – 2023. – URL: <https://www.sperresearch.com/report-store/UAV-Propulsion-System-Marketanalysis.aspx> (дата обращения: 26.12.2023).
27. UAV Propulsion System Market Growth, And Opportunities (2023-2030) [Электронный ресурс] : Market Report / Contrive Datum Insights. – 2023. – URL: <https://www.contrivedatuminsights.com/product-report/uav-propulsion-system-market-46348> (дата обращения: 26.12.2023).
28. UAV Propulsion System Market Size Worth USD 34,258.31 million by 2030 at a 11.8% CAGR: Exclusive Report by Market Business Insights [Электронный ресурс] : News / LinkedIn. – 2022. – URL: <https://www.linkedin.com/pulse/uav-propulsion-system-market-size-worth-usd-3425831-2030-bhawarkar#:.-:text=The%20Global%20UAV%20Propulsion%20System,the%20forecast%20period%202022%2D2030>. (дата обращения: 15.12.2023).
29. Aftermarket Lifecycle of the Aerospace Industry [Электронный ресурс] : General information / Naveo. – 2020. – URL: <https://www.naveo.com/insights/aftermarket-lifecycle/> (дата обращения: 13.12.2023).
30. Strategic Analysis of an Industry | CFA Exam Level 1 – AnalystPrep [Электронный ресурс] : General

- information. – AnalystPret, 2019. – URL: <https://analystprep.com/cfa-level-1-exam/equity/strategic-analysis-industry/> (дата обращения: 13.12.2023).
31. Hydrogen Aircraft Global Market Report 2022: Increase in Air Passenger Traffic to Propel Growth [Электронный ресурс] : Market Report / ResearchAndMarkets. – 2022. – URL: <https://www.business-wire.com/news/home/20220916005197/en/Hydrogen-Aircraft-Global-Market-Report-2022-Increase-in-Air-Passenger-Traffic-to-Propel-Growth---ResearchAndMarkets.com> (дата обращения: 27.12.2023).
 32. Дроны будущего: 4 тренда рынка беспилотников для внимательных предпринимателей [Электронный ресурс] : Статья / Techiiа. – 2023. – URL: <https://techiiа.com/ru/news/droni-majbutnogo-4-trendirinku-bezpilotnikiv-dlya-uvazhnih-pidpriyemciv> (дата обращения: 27.12.2023).
 33. CFM International – Sustainability a Clear Ambition [Электронный ресурс] : General information. – CFM International, 2023. – URL: <https://www.cfmaeroengines.com/sustainability/> (дата обращения: 27.12.2023).
 34. Commercial Drones Market Size to Worth Around USD 504.5 Bn by 2030 [Электронный ресурс] : Market Report / Precedence Research. – 2022. – URL: <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/07/22/2484688/0/en/Commercial-Drones-Market-Size-to-Worth-Around-USD-504-5-Bn-by-2030.html> (дата обращения: 27.12.2023).
 35. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 07.11.2023 г. № 3113-р [Электронный ресурс]. – URL: <http://government.ru/docs/all/150406/> (дата обращения: 25.12.2023).
 36. Honeywell – Annual Report 2022 [Электронный ресурс] : Annual Report. – Honeywell, 2023. – URL: <https://honeywell.gcs-web.com/static-files/c45e3d9f-d5b6-42bb-8ff5-a34070423e5b> (дата обращения: 08.11.2023).
 37. General Electric – Annual Report 2022 [Электронный ресурс] : Annual Report. – GE Aerospace, 2023. – URL: https://www.ge.com/sites/default/files/ge_ar2022_annualreport.pdf (дата обращения: 08.11.2023).
 38. Rolls-Royce – Annual Report 2022 [Электронный ресурс] : Annual Report. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/annual-report/2022/rr-plc-annual-report-2022.pdf> (дата обращения: 08.11.2023).
 39. Advanced Air Mobility. An Assessment of a Coming Revolution in Air Transportation and Logistics [Электронный ресурс] : Documents / GOV.UK. – 2023. – URL: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6571b635049516000f49be06/advanced-air-mobility-evidence-review.pdf> (дата обращения: 13.11.2023).
 40. Satair. Top 10 Risks & Problems Facing The Aviation Industry in 2023 [Электронный ресурс] : Blog / Satair. – 2023. – URL: <https://blog.satair.com/top-10-risks-to-the-aviation-industry> (дата обращения: 20.12.2023).
 41. ИноСМИ. В США начали разработку стратегии по передовой воздушной мобильности [Электронный ресурс]. – URL: https://inosmi.ru/20230516/ssha_transport-262959997.html (дата обращения: 25.12.2023).
 42. Advanced Air Mobility (AAM) Implementation Plan [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/AAM-I28-Implementation-Plan.pdf> (дата обращения: 20.12.2023).
 43. U.S. Aviation Supply Chain Challenges: Parts Shortages, Rising Costs & Labor Resource Crunches [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.aviationpros.com/engines-components/article/53060096/magnetic-mro-us-aviation-supply-chain-challenges-parts-shortages-rising-costs-labor-resource-crunches> (дата обращения: 22.12.2023).
 44. Эксперт: рост рынка беспилотников требует подготовки мер контроля их использования [Электронный ресурс]. – URL: <https://tass.ru/nacionalnye-proekty/17125095> (дата обращения: 23.12.2023).
 45. Cybersecurity Threats Within UAV Systems - SkyGrid [Электронный ресурс]. – URL:

- <https://www.skygrid.com/cybersecurity-threats-within-uav-systems/> (дата обращения: 22.12.2023).
46. Technological barriers to the elevated future of mobility | Deloitte [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.deloitte.com/global/en/our-thinking/insights/topics/future-of-mobility/future-transportation-with-vtol.html> (дата обращения: 22.12.2023).
 47. Синтетические углеводородные топлива: развитие технологий, проблемы и перспективы применения в авиационных ГТД / А.М. Савельев [и др.] // Авиационные двигатели. – 2023. – № 2 (19). – С. 51–74.
 48. Шлякотин В.Е. Оценка энергетических затрат на производство водородного топлива / В.Е. Шлякотин // Авиационные двигатели | 4 (17) | 2022. – С. 49–52.
 49. Каковы возможности России в производстве полупроводниковых устройств [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.eg-online.ru/article/455603/> (дата обращения: 22.12.2023).
 50. The case for more virtual testing - Aerospace America [Электронный ресурс]. – URL: <https://aerospaceamerica.aiaa.org/departments/the-case-for-more-virtual-testing/> (дата обращения: 25.12.2023).
 51. Алексей Боровков: беспилотников будет много - Индикатор [Электронный ресурс]. – URL: <https://indicator.ru/engineering-science/aleksei-borovkov-bespilotnikov-budet-mnogo.htm> (дата обращения: 25.12.2023).
 52. Росавиация перенесла сертификацию российских беспилотников на 2024 год [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.aex.ru/m/fdocs/1/2023/12/21/33506/> (дата обращения: 22.12.2023).
 53. Flying digitally - Aerospace America [Электронный ресурс]. – URL: <https://aerospaceamerica.aiaa.org/features/flying-digitally/> (дата обращения: 25.12.2023).
 54. Ведущие эксперты страны обсудили применение передовых цифровых и производственных технологий в формируемой отрасли беспилотных авиационных систем [Электронный ресурс] : Новости. – Центр НТИ СПбПУ, 2023. – URL: <http://nticenter.spbstu.ru/news/8620> (дата обращения: 25.12.2023).
 55. НИЦ «Аэроскрипт» принял участие в конференции по сертификации беспилотных авиационных систем [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.aex.ru/news/2023/1/20/252734/> (дата обращения: 22.12.2023).
 56. BRP Inc. – Annual Information Form 2022. [Электронный ресурс] : Annual Information Form. – BRP Inc., 2023. – URL: <https://news.brp.com/static-files/c9f0961d-e5f0-44de-958e-548c8d1a5df9> (дата обращения: 08.11.2023).
 57. Raytheon Technologies – Annual Report 2022 [Электронный ресурс] : Annual Report. – RTX Corporation, 2023. – URL: <https://investors.rtx.com/static-files/765e55a0-fe27-4a6c-b5ac-649cf6fa71cc> (дата обращения: 08.11.2023).
 58. National Aviation Research Plan [Электронный ресурс] : General information. – Federal Aviation Administration, 2023. – URL: https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ang/narp (дата обращения: 07.11.2023).
 59. Continuous Lower Energy, Emissions, and Noise (CLEEN) Program [Электронный ресурс] : News. – Federal Aviation Administration, 2021. – URL: https://www.faa.gov/newsroom/continuous-lower-energy-emissions-and-noise-cleen-program?newsId=22534#_Тoc80621735 (дата обращения: 07.11.2023).
 60. Assure - THE FAA's Center of Excellence for UAS Research [Электронный ресурс] : General information. – Assure, 2023. – URL: <https://www.assure.msstate.edu/> (дата обращения: 07.11.2023).
 61. National Drone and Advanced Air Mobility Research and Development Act [Электронный ресурс] : Legislation. – Congress.gov, 2023. – URL: <https://www.congress.gov/bill/118th-congress/house-bill/3560/text> (дата обращения: 10.11.2023).
 62. National Aviation Research Plan (NARP) - FY 2023-2027 [Электронный ресурс] : Research Plan. – Federal Aviation Administration, 2022. – URL: <https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/NARP->

- 03142023-National-Aviation-Research-Plan-2023%E2%80%932027.pdf (дата обращения: 07.11.2023).
63. National Aviation Research Plan 2024-2028 [Электронный ресурс] : Research Plan. – Federal Aviation Administration, 2023. – URL: https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/FY_2024-2028_National_Aviation_Research_Plan.pdf (дата обращения: 10.11.2023).
 64. Ileri L. REDAC Environment and Energy Sub-Committee. Aircraft Technology Research [Электронный ресурс] : Presentation. – Federal Aviation Administration, 2023. – URL: https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2022-03/508.20220323_1330_Ileri_Orton_Aircraft_Technology_v01.pdf (дата обращения: 07.11.2023).
 65. FACT.MR. U.S. Drone Market to Reach US\$ 82.9 Billion, at CAGR of 22.2% by 2032 | Fact.MR Report [Электронный ресурс] : News / GlobeNewswire. – 2023. – URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2023/09/12/2741594/0/en/U-S-Drone-Market-to-Rreach-US-82-9-Billion-at-CAGR-of-22-2-by-2032-Fact-MR-Report.html> (дата обращения: 10.12.2023).
 66. Center of Excellence (COE) [Электронный ресурс] : General information. – Federal Aviation Administration, 2023. – URL: https://www.faa.gov/uas/research_development (дата обращения: 10.11.2023).
 67. UAS Test Site Program [Электронный ресурс] : General information. – Federal Aviation Administration, 2023. – URL: https://www.faa.gov/uas/programs_partnerships/test_sites (дата обращения: 05.12.2023).
 68. Hicks Discusses Replicator Initiative [Электронный ресурс] : News / U.S. Department of Defense. – 2023. – URL: <https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/3518827/hicks-discusses-replicator-initiative/https%3A%2F%2Fwww.defense.gov%2FNews%2FNews-Stories%2FArticle%2FArticle%2F3518827%2Fhicks-discusses-replicator-initiative%2F> (дата обращения: 07.12.2023).
 69. ATI Programme strategic batch: expression of interest March 2023 - Innovation Funding Service [Электронный ресурс] : Overview / GOV.UK. – 2023. – URL: <https://apply-for-innovation-funding.service.gov.uk/competition/1512/overview/eac98e2d-89aa-4e89-9a8c-a90700e92d84#supporting-information> (дата обращения: 13.11.2023).
 70. Strategy Destination Zero [Электронный ресурс] : General information / ATI. – 2023. – URL: <https://www.ati.org.uk/strategy/> (дата обращения: 07.11.2023).
 71. The UK Research and Innovation (UK RI) Future Flight Challenge [Электронный ресурс] : General information / UK RI. – 2023. – URL: <https://iuk.ktn-uk.org/programme/future-flight/> (дата обращения: 07.11.2023).
 72. ATI Technology Strategy 2022 - Destination Zero [Электронный ресурс] : General information / ATI. – 2022. – URL: <https://www.ati.org.uk/wp-content/uploads/2022/04/ATI-Tech-Strategy-2022-Destination-Zero.pdf> (дата обращения: 07.11.2023).
 73. ATI Programme strategic batch: EOI September 2023 - Innovation Funding Service [Электронный ресурс] : Overview / GOV.UK. – 2023. – URL: <https://apply-for-innovation-funding.service.gov.uk/competition/1702/overview/2ed9186d-0e4e-4446-aaf9-6e317bd4be2b> (дата обращения: 10.11.2023).
 74. Over £110 million to unlock zero emission guilt-free flights [Электронный ресурс] : Press Release / GOV.UK. – 2023. – URL: <https://www.gov.uk/government/news/over-110-million-to-unlock-zero-emission-guilt-free-flights> (дата обращения: 12.11.2023).
 75. Future Flight Challenge. Interim impact and process evaluation [Электронный ресурс] : Report / UK RI. – 2023. – URL: <https://www.ukri.org/wp-content/uploads/2023/10/IUK-301023-InterimImpactAndProcessEvaluation.pdf> (дата обращения: 13.11.2023).
 76. Future Flight challenge announces phase three winners [Электронный ресурс] : News / UK RI. – 2022. – URL: <https://www.ukri.org/news/future-flight-challenge-announces-phase-three-winners/> (дата обращения: 14.11.2023).
 77. Clean Sky 2 [Электронный ресурс] : General information / Clean Aviation. – 2023. – URL: <https://clean-aviation.eu/clean-sky-2> (дата обращения: 14.11.2023).

78. Clean Aviation programme [Электронный ресурс] : General information / Clean Aviation. – 2023. – URL: https://clean-aviation.eu/sites/default/files/2023-04/Highlights2022_en.pdf (дата обращения: 14.11.2023).
79. A Drone Strategy 2.0 for a Smart and Sustainable Unmanned Aircraft Eco-System in Europe [Электронный ресурс] : Documents. – European Commission, 2023. – URL: https://transport.ec.europa.eu/system/files/2022-11/COM_2022_652_drone_strategy_2.0.pdf (дата обращения: 14.11.2023).
80. Technology Evaluator [Электронный ресурс] : General information / Clean Aviation. – 2023. – URL: <https://clean-aviation.eu/clean-sky-2/technology-evaluator> (дата обращения: 14.11.2023).
81. Clean Sky [Электронный ресурс] : Topics / EASA Eco. – 2023. – URL: <https://www.easa.europa.eu/eco/eaer/topics/technology-and-design/clean-sky> (дата обращения: 14.11.2023).
82. First run of Tech TP ACHIEVE hybrid electric turboprop demonstrator [Электронный ресурс] : Press Release. – Safran, 2023. – URL: <https://www.safran-group.com/pressroom/premier-essai-du-demonstrateur-turbopropulseur-hybride-electrique-tech-tp-achieve-2023-01-16> (дата обращения: 14.11.2023).
83. Very High Bypass Ratio Large Turbofan [Электронный ресурс] : General information / Clean Aviation. – 2023. – URL: <https://www.clean-aviation.eu/clean-sky-2/key-demonstrators/very-high-bypass-ratio-large-turbofan> (дата обращения: 15.11.2023).
84. Bravo, MAESTRO! - nextgen SAT engine gears up to perform [Электронный ресурс] : Media / Clean Aviation. – 2023. – URL: <https://www.clean-aviation.eu/media/results-stories/bravo-maestro-nextgen-sat-engine-gears-up-to-perform> (дата обращения: 15.11.2023).
85. Results Stories [Электронный ресурс] : General information / Clean Aviation. – 2023. – URL: <https://www.clean-aviation.eu/clean-sky-2/results-stories> (дата обращения: 15.11.2023).
86. Strategic Research and Innovation Agenda. Version December 2021 [Электронный ресурс] : General information / Clean Aviation. – 2021. – URL: https://www.clean-aviation.eu/sites/default/files/2022-01/CAJU-GB-2021-12-16-SRIA_en.pdf (дата обращения: 15.11.2023).
87. The Clean Aviation programme. Programme overview and structure [Электронный ресурс] : Overview / Clean Aviation. – 2023. – URL: <https://www.clean-aviation.eu/programme-overview-and-structure> (дата обращения: 15.11.2023).
88. €380 million for 8 new daring Clean Aviation projects to pave the way for highly efficient aircraft by 2035 [Электронный ресурс] : News / Clean Aviation. – 2023. – URL: <https://www.clean-aviation.eu/media/news/eu380-million-for-8-new-daring-clean-aviation-projects-to-pave-the-way-for-highly-efficient-aircraft> (дата обращения: 15.11.2023).
89. Paris Air Show 2023 - Day Zero [Электронный ресурс] : News / Royal Aeronautical Society. – 2023. – URL: <https://www.aerosociety.com/news/paris-air-show-2023-day-zero/> (дата обращения: 15.11.2023).
90. Drone Strategy: Creating a large-scale European drone market [Электронный ресурс] : News. – European Commission, 2023. – URL: https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/drone-strategy-creating-large-scale-european-drone-market-2022-11-29_en (дата обращения: 15.11.2023).
91. Strategy 2.0 of drones of the European Commission. Creating a large-scale European drone market [Электронный ресурс] : News / drone by drone. – 2022. – URL: <https://www.dronebydrone.com/en/news/680/strategy-20-of-drones-of-the-european-commission-creating-a-large-scale-european-drone-market.html> (дата обращения: 15.11.2023).
92. Cocco V.-M. Drone Strategy 2.0 - Unleashing the potential of a large-scale European drone market [Электронный ресурс] : General information. – Lexology, 2023. – URL: <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=ccb30863-eee2-49a3-b123-56ffd36d6561> (дата обращения: 15.11.2023).
93. Research for TRAN Committee: Unmanned Aircraft Systems integration into European airspace and

- operation over populated areas [Электронный ресурс] : Study. – European Parliament, 2023. – URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2023/733124/IPOL_STU\(2023\)733124_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2023/733124/IPOL_STU(2023)733124_EN.pdf) (дата обращения: 15.11.2023).
94. Outline of the People's Republic of China 14th Five-Year Plan for National Economic and Social Development and Long-Range Objectives for 2035 [Электронный ресурс] : Publication. – CSET, 2023. – URL: <https://cset.georgetown.edu/publication/china-14th-five-year-plan/> (дата обращения: 20.11.2023).
95. 中国制造2025 (Made in China 2025) [Электронный ресурс]. – URL: http://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzUzODAxMjA0OQ==&mid=2247496764&idx=1&sn=69edafcff965c8b48b3820fea5bad2a5&chksm=fadc84c2cdab0dd43bcd5efda4edb59018872c87ca9d18475e8ba2f636fc9b6a7d119f96b963#rd (дата обращения: 28.12.2022).
96. 2023 няньчжун чжунго цзи 31 шэнши ханкун фадунци ханье чжэнцэ хуэйцзун цзи цзеду (цюань) туйдун ханье цзычжу чуансинь янфа 2023年中国及31省市航空发动机行业政策汇总及解读 (全) 推动行业自主创新研发 (Сводка и интерпретация политики в области производства авиационных двигателей в Китае и 31 провинции и городах в 2023 году (полностью): Содействие независимым инновациям и исследованиям в отрасли) [Электронный ресурс] : Бокэ 博客 (Блог) / Baidu. – 2023. – URL: https://mbd.baidu.com/newspage/data/landingsuper?id=1777630808505727831&wfr=spider&for=pc&third=baijiahao&baijiahao_id=1777630808505727831&c_source=kunlun&c_score=0.999100&p_tk=6611g9aуcK83dfSDknnCUB48KqXaQ53bmW3Xvh9RDiiSGDqA1K%2BrdjXuOXgr71QB80sXK0Daf9bupiRF%2BFeyCzhD7U2D2EpK28k7GoifU%2FPP3705vWV0dsSrOn4L5ksTb7Vnr7EIS6Slt07J%2BXEqGsxYw%3D%3D&p_timestamp=1699428898&p_sign=bf5222344c5a3ed91f09f54b894b4e9&p_signature=5339afc5f5be6e40359fea178ca1b8ebe&__pc2ps_ab=6611g9aуcK83dfSDknnCUB48KqXaQ53bmW3Xvh9RDiiSGDqA1K%2BrdjXuOXgr71QB80sXK0Daf9bupiRF%2BFeyCzhD7U2D2EpK28k7GoifU%2FPP3705vWV0dsSrOn4L5ksTb7Vnr7EIS6Slt07J%2BXEqGsxYw%3D%3D|1699428898|5339afc5f5be6e40359fea178ca1b8ebe|bf5222344c5a3ed91f09f54b894b4e9 (дата обращения: 20.11.2023).
97. Фомин А. Китайский двигатель для С919 поступил на летные испытания [Электронный ресурс] : Новости / Взлет. – 2023. – URL: <http://www.take-off.ru/item/4532-kitajskij-dvigatel-dlya-s919-postupil-na-letnye-ispytaniya> (дата обращения: 20.11.2023).
98. Государственная программа «Развитие авиационной промышленности» [Электронный ресурс] : Общая информация. – Портал Госпрограмм РФ, 2023. – URL: <https://programs.gov.ru/Portal/programs/passport/17> (дата обращения: 12.12.2023).
99. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22.08.2023 г. № 2259-р. Изменения в комплексную программу развития авиационной отрасли Российской Федерации до 2030 года [Электронный ресурс] : Документы. – Правительство России, 2023. – URL: <http://government.ru/docs/all/149270/> (дата обращения: 22.11.2023).
100. Правительство утвердило комплексную программу развития авиатранспортной отрасли до 2030 года [Электронный ресурс] : Документы. – Правительство России, 2022. – URL: <http://government.ru/docs/45834/> (дата обращения: 20.11.2023).
101. Государственная программа «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» [Электронный ресурс] : Общая информация. – Портал Госпрограмм РФ, 2023. – URL: <https://programs.gov.ru/Portal/programs/passport/47> (дата обращения: 22.11.2023).
102. Постановление Правительства Российской Федерации от 22.11.2022 г. № 2114 О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности» [Электронный ресурс] : Документы. – Правительство России, 2022. – URL: <http://government.ru/docs/all/144504/> (дата обращения: 22.11.2023).
103. Минпромторг: на авиастроение в 2024–2026 годах выделят около 108 млрд рублей [Электронный ресурс] : Новости / Коммерсантъ. – 2023. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6298927> (дата обращения: 22.11.2023).
104. Цена российской науки: расходы федерального бюджета [Электронный ресурс] : Новости / ИСИЭЗ. – 2023. – URL: <https://issek.hse.ru/news/848712418.html> (дата обращения: 22.11.2023).

105. Центры компетенции НТИ [Электронный ресурс] : Общая информация. – Фонд НТИ, 2023. – URL: <https://nti.fund/support/centers/#:-:text=Центр компетенций НТИ представляет собой,основании договора о формировании консорциума.> (дата обращения: 01.12.2023).
106. Научные центры мирового уровня [Электронный ресурс] : Общая информация. – НЦМУ, 2023. – URL: <https://xn--l1abtk.xn--p1ai/> (дата обращения: 01.12.2023).
107. «Передовые инженерные школы» [Электронный ресурс] : Общая информация. – Минобрнауки, 2023. – URL: <https://engineers2030.ru/about/> (дата обращения: 22.11.2023).
108. Передовая инженерная школа «Высшая школа авиационного двигателестроения» [Электронный ресурс] : Общая информация / Nuxt. – 2023. – URL: <https://nuxtjs.org/schools/pstu/development-program> (дата обращения: 01.12.2023).
109. Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг» [Электронный ресурс] : Общая информация / Nuxt. – 2023. – URL: <https://nuxtjs.org/schools/spbstu/development-program> (дата обращения: 22.11.2023).
110. ЕГИСУ НИОКТР [Электронный ресурс] : Общая информация. – ЕГИСУ НИОКТР, 2023. – URL: <https://www.rosrid.ru/> (дата обращения: 22.11.2023).
111. Правительство утвердило Концепцию развития водородной энергетики [Электронный ресурс]. – URL: <http://government.ru/news/42971/> (дата обращения: 26.12.2023).
112. Михаил Мишустин утвердил план мероприятий по развитию водородной энергетики [Электронный ресурс]. – URL: <http://government.ru/docs/40703/> (дата обращения: 26.12.2023).
113. В Правительстве подписан финальный пакет соглашений о сотрудничестве по развитию высокотехнологичных направлений [Электронный ресурс]. – URL: <http://government.ru/news/47551/> (дата обращения: 19.04.2023).
114. Правительство утвердило Стратегию развития беспилотной авиации до 2030 года [Электронный ресурс] : Новости. – Правительство России, 2023. – URL: <http://government.ru/news/48875/> (дата обращения: 22.11.2023).
115. Белоусов: нацпроект по развитию беспилотных авиасистем заработает с начала 2024 года [Электронный ресурс] : Новости / ТАСС. – 2023. – URL: <https://tass.ru/obschestvo/18623807> (дата обращения: 22.11.2023).
116. Финансирование нацпроекта развития БАС в 2024–2026 годы составит 67,6 млрд рублей [Электронный ресурс]. – URL: <https://tass.ru/nacionalnye-proekty/19552547> (дата обращения: 26.12.2023).
117. В России до 2027 года планируют создать около 50 центров по разработке беспилотников [Электронный ресурс] : Статья. – Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, 2023. – URL: <https://digital.gov.ru/ru/events/46471/> (дата обращения: 13.12.2023).
118. Андрей Белоусов посетил первый в России центр коллективного пользования для разработчиков беспилотных авиационных систем [Электронный ресурс] : Новости. – Правительство России, 2023. – URL: <http://government.ru/news/50131/> (дата обращения: 13.12.2023).
119. В Самарской области создан первый в России региональный научно-производственный центр гражданских БАС [Электронный ресурс] : Новости. – Правительство Самарской области, 2023. – URL: https://www.samregion.ru/press_center/news/v-samarskoj-oblasti-sozdan-pervyj-v-rossii-regionalnyj-nauchno-proizvodstvennyj-czentr-grazhdanskih-bas/ (дата обращения: 13.12.2023).
120. Табашников Р. В Санкт-Петербурге создан научно-производственный кластер беспилотных технологий [Электронный ресурс]. – URL: <https://spbtech.ru/v-sankt-peterburge-sozdan-nauchno-proizvodstvennyj-klaster-bespilotnykh-tehnologij/> (дата обращения: 26.12.2023).
121. ФСТ в 2024 году поддержит шесть проектов в сфере беспилотных авиасистем [Электронный ресурс] : Новости / ТАСС. – 2023. – URL: <https://nauka.tass.ru/nauka/19511605> (дата обращения: 14.12.2023).

122. Defence Testing Infrastructure Scheme [Электронный ресурс] : Press Release / Press Information Bureau. – 2023. – URL: <https://pib.gov.in/pib.gov.in/Pressreleaseshare.aspx?PRID=1746365> (дата обращения: 12.12.2023).
123. Defence Testing Infrastructure Scheme (DTIS) [Электронный ресурс] : General information / India Filings. – 2023. – URL: <https://www.indiafilings.com/learn/defence-testing-infrastructure-scheme/> (дата обращения: 22.11.2023).
124. Worldwide R&D Incentives Reference Guide 2023 [Электронный ресурс] : Guide. – Worldwide R&D Incentives Reference Guide, 2023. – URL: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/tax/tax-guides/2023/ey-worldwide-research-development-reference-guide-2023.pdf#page=42 (дата обращения: 20.11.2023).
125. Government Approves PLI Scheme for Drones and Drone Components [Электронный ресурс] : Press Release / Press Information Bureau. – 2023. – URL: <https://pib.gov.in/pib.gov.in/Pressreleaseshare.aspx?PRID=1755157> (дата обращения: 22.11.2023).
126. Centre of Propulsion Technology (CoPT) | Industrial Research and Consultancy Centre [Электронный ресурс] : General information. – IIT Bombay, 2023. – URL: <https://rnd.iitb.ac.in/node/102326> (дата обращения: 12.12.2023).
127. DRDO Industry Academia Centres of Excellence | Defence Research and Development Organisation - DRDO, Ministry of Defence, Government of India [Электронный ресурс] : General information. – DRDO, 2023. – URL: <https://drdo.gov.in/adv-tech-center> (дата обращения: 12.12.2023).
128. Innovations for Defence Excellence (iDEX) [Электронный ресурс] : General information. – iDEX, 2023. – URL: <https://idex.gov.in/about-idex> (дата обращения: 27.11.2023).
129. State of the art technology defence product [Электронный ресурс] : Press Release / Press Information Bureau. – 2023. – URL: <https://pib.gov.in/pib.gov.in/Pressreleaseshare.aspx?PRID=1910314> (дата обращения: 27.11.2023).
130. Briefing I. Investing in India's Drone Industry: Growth Drivers and Relevant Policies [Электронный ресурс] : News / India Briefing News. – 2022. – URL: <https://www.india-briefing.com/news/investing-in-indias-drone-industry-liberalized-rules-pli-beneficiaries-list-incentives-details-23181.html/> (дата обращения: 27.11.2023).
131. Ministry of Civil Aviation disbursed about Rs 30 crores during FY 2022-23 under PLI Scheme for Drones and Drone Components. [Электронный ресурс] : Press Release / Press Information Bureau. – 2023. – URL: <https://pib.gov.in/pib.gov.in/Pressreleaseshare.aspx?PRID=1913565> (дата обращения: 27.11.2023).
132. The aero engine eco system in India [Электронный ресурс] : News / Aviation & Defence Universe. – 2023. – URL: <https://www.aviation-defence-universe.com/insighteon-wargame-says-the-aero-engine-eco-system-in-india-identifying-and-overcoming-barriers/> (дата обращения: 27.11.2023).
133. Brasil anuncia programa de inversiones para desarrollo aeroespacial [Электронный ресурс] : News / NCC. – 2023. – URL: <https://noticiasncc.com/cartelera/articulos-o-noticias/05/06/brasil-anuncia-programa-de-inversiones-para-desarrollo-aeroespacial/> (дата обращения: 27.11.2023).
134. Рикардо Сейдль да Фонсека. Финансирование науки, технологий и инноваций: современная практика и перспективы / Рикардо Сейдль да Фонсека // Финансирование науки, технологий и инноваций: современная практика и перспективы. – Т. 12. – № 2. – С. 6-22.
135. MCTI and Finep sign agreements for the development of new technologies in the aerospace sector [Электронный ресурс] : News / Aeroflap. – 2023. – URL: <https://www.aeroflap.com.br/en/mcti-and-finep-sign-agreements-for-the-development-of-new-technologies-in-the-aerospace-sector/> (дата обращения: 27.11.2023).
136. Akaer projeta drone de carga a hidrogênio [Электронный ресурс] : News / Money Report. – 2023. – URL: <https://www.moneyreport.com.br/inovacao/brasil-projeta-drone-de-carga-a-hidrogenio/> (дата обращения: 27.11.2023).

137. Drone brasileiro [Электронный ресурс] : General information / Finer. – 2023. – URL: <http://www.finer.gov.br/a-finer-externo/aqui-tem-finer/drone-brasileiro> (дата обращения: 28.11.2023).
138. The São Paulo Research Foundation [Электронный ресурс] : General information / FAPESP. –2023. – URL: <https://fapesp.br/6026/the-sao-paulo-research-foundation> (дата обращения: 28.11.2023).
139. Alisson E. Engineering Center for Aerial Mobility of the Future starts operating [Электронный ресурс] : News / FAPESP. – 2023. – URL: https://fapesp.br/cpe/engineering_center_for_aerial_mobility_of_the_future_starts_operating/112 (дата обращения: 28.11.2023).
140. Nunes T. Unicamp irá desenvolver motores elétricos para aviões [Электронный ресурс] : News / Unicamp. – 2022. – URL: <https://www.unicamp.br/unicamp/noticias/2022/05/27/unicamp-ira-desenvolver-motores-eletricos-para-avioes> (дата обращения: 13.12.2023).
141. Engineering Research Center for the Aerial Mobility of the Future (ERC-AMF) [Электронный ресурс] : Grants / bv-cdi. – 2023. – URL: <https://bv.fapesp.br/en/auxilios/110632/engineering-research-center-for-the-aerial-mobility-of-the-future-erc-amf/> (дата обращения: 28.11.2023).
142. Multifuel engine with continuous combustion [Электронный ресурс] : Grants / bv-cdi. – 2023. – URL: <https://bv.fapesp.br/en/auxilios/111673/multifuel-engine-with-continuous-combustion/> (дата обращения: 28.11.2023).
143. Experimental and numerical study of entrainment effects on diffusion flames with continuous variation of geometric properties: a new combustion configuration [Электронный ресурс] : Grants / bv-cdi. – 2022. – URL: <https://bv.fapesp.br/en/auxilios/110017/experimental-and-numerical-study-of-entrainment-effects-on-diffusion-flames-with-continuous-variatio/> (дата обращения: 28.11.2023).
144. Aerospace industry support initiative (AISI) [Электронный ресурс] : General information. – AISI, 2015. – URL: <https://aisi.csir.co.za/programmes/> (дата обращения: 28.11.2023).
145. Hydrogen Society Roadmap [Электронный ресурс] : Policies / IEA. – 2023. – URL: <https://www.iea.org/policies/16974-hydrogen-society-roadmap> (дата обращения: 27.11.2023).
146. Council for Scientific and Industrial Research (CSIR) [Электронный ресурс] : General information. – CSIR, 2023. – URL: <https://www.csir.co.za/> (дата обращения: 28.11.2023).
147. Martin G. CSIR developing hydrogen-powered UAV [Электронный ресурс] : News / defenceWeb.– 2022. – URL: <https://www.defenceweb.co.za/aerospace/aerospace-aerospace/csir-developing-hydrogen-powered-uav/> (дата обращения: 28.11.2023).
148. Hydrogen society roadmap for South Africa 2021 [Электронный ресурс] : Roadmap. – Republic of South Africa, 2023. – URL: https://www.dst.gov.za/images/South_African_Hydrogen_Society_RoadmapV1.pdf (дата обращения: 28.11.2023).
149. Martin G. Ambitious new projects for Cape Aerospace Technologies [Электронный ресурс] : News / defenceWeb. – 2022. – URL: <https://www.defenceweb.co.za/aerospace/aerospace-aerospace/ambitious-new-projects-for-cape-aerospace-technologies/> (дата обращения: 27.11.2023).
150. В Москве прошла конференция по научно-технологическому и инновационному сотрудничеству стран БРИКС [Электронный ресурс] : Новости / Авиация России. – 2022. – URL: <https://aviation21.ru/v-moskve-proshla-konferenciya-po-nauchno-texnologicheskomu-i-innovacionnomu-sotrudnichestvu-stran-briks/> (дата обращения: 01.12.2023).
151. РФПИ с партнерами из Китая создаст фонд для развития гражданского авиапрома [Электронный ресурс] : Новости / Ведомости. – 2023. – URL: <https://www.vedomosti.ru/business/news/2023/10/17/1000976-rfpi-s-partnerami-iz-kitaya-sozdast-fond-v-100-mlrd-rublei> (дата обращения: 13.12.2023).
152. Thomson R. Environmentally-friendly air travel continues to grow and grow [Электронный ресурс] : Insights / Roland Berger. – 2023. // Last Modified: 2022-07-28T17:21+02:00. – URL: <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Environmentally-friendly-air-travel-continues-to-grow-and-grow.html> (дата обращения: 01.12.2023).

153. Need for Standards in Civil Aviation and how is it maintained [Электронный ресурс] : Insights / AviationHunt. – 2023. – URL: <https://www.aviationhunt.com/civil-aviation-standards/> (дата обращения: 14.12.2023).
154. Alliance for Zero-Emission Aviation Working Group 4 Current Standardization Landscape [Электронный ресурс] : Documents. – European Commission, 2023. – URL: <https://defence-industry-space.ec.europa.eu/system/files/2023-06/Current%20Standardization%20Landscape.pdf> (дата обращения: 21.12.2023).
155. ANSI UASSC Standardization Roadmap for Unmanned Aircraft Systems, 2018 [Электронный ресурс] : Roadmap. – ANSI, 2018. – URL: <https://suas-professional.com/wp-content/uploads/2020/07/ANSI-sUAS-Standardization.pdf#:~:text=In%20September%202017%2C%20the%20American,with%20international%20coordination%20and%20adaptability> (дата обращения: 14.12.2023).
156. ANSI Unmanned Aircraft Systems Standardization Collaborative – UASSC [Электронный ресурс] : General information. – ANSI, 2023. – URL: <https://www.ansi.org/standards-coordination/collaboratives-activities/unmanned-aircraft-systems-collaborative> (дата обращения: 14.12.2023).
157. IEEE AERCOM [Электронный ресурс] : General information. – IEEE, 2023. – URL: <https://sa-groups.ieee.org/aercom/> (дата обращения: 14.12.2023).
158. IEEE 1939.1-2021 Framework for Structuring Low-Altitude Airspace for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Operations [Электронный ресурс] : Standard. – IEEE, 2023. – URL: <https://standards.ieee.org/ieee/1939.1/7482/> (дата обращения: 14.12.2023).
159. IEEE 2821-2020 Unmanned Aerial Vehicle-Based Patrol Inspection System for Transmission Lines [Электронный ресурс] : Standard. – IEEE, 2023. – URL: <https://standards.ieee.org/ieee/2821/7642/> (дата обращения: 14.12.2023).
160. ANSI/ABMA B3.1-1992 (S2020) – Rolling Element Bearings – Aircraft Engine, Engine Gearbox, and Accessory Applications – Eddy Current Inspection [Электронный ресурс] : Standard. – ANSI, 2023. – URL: <https://webstore.ansi.org/standards/abma/ansiabmab31992s2020> (дата обращения: 14.12.2023).
161. ANSI/ABMA B3.2-1992 (S2020) – Rolling Element Bearings – Aircraft Engine, Engine Gearbox, and Accessory Applications – Surface Visual Inspection [Электронный ресурс] : Standard. – ANSI, 2023. – URL: <https://webstore.ansi.org/standards/abma/ansiabmab31992s2020-2434992> (дата обращения: 15.12.2023).
162. ANSI/ABMA B3.3-1992 (S2020) – Rolling Element Bearings – Aircraft Engine, Engine Gearbox, and Accessory Applications – Surface Temper Etch [Электронный ресурс] : Standard. – ANSI, 2023. – URL: <https://webstore.ansi.org/standards/abma/ansiabmab31992s2020-2434993> (дата обращения: 15.12.2023).
163. United States Government National Standards Strategy for Critical and Emerging Technology, 2023 [Электронный ресурс] : Documents. – White House, 2023. – URL: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2023/05/US-Gov-National-Standards-Strategy-2023.pdf> (дата обращения: 14.12.2023).
164. PTC 55 - 2013(R2018) Gas Turbine Aircraft Engines [Электронный ресурс] : Standard. – ASME, 2023. – URL: <https://www.asme.org/codes-standards/find-codes-standards/ptc-55-gas-turbine-aircraft-engines/2013/drm-enabled-pdf> (дата обращения: 14.12.2023).
165. ASME PTC 55-2013(R2018) Газотурбинные авиационные двигатели – Стандарты и спецификации PDF [Электронный ресурс] : Документ. – КРТ-ВJ, 2023. – URL: <https://www.kpt-bj.net/1221514295.html> (дата обращения: 14.12.2023).
166. ASME B30.32 Unmanned Aircraft Systems (UAS) Used in Inspection, Testing, Maintenance, and Load-Handling Operations [Электронный ресурс] : Standard. – ASME, 2023. – URL: <https://www.asme.org/standards/product/asmе-b30-32/> (дата обращения: 14.12.2023).
167. MUS Subcommittee on use of Unmanned Aircraft Systems (UAS) / Unmanned Aircraft Vehicle (UAV) for Inspection [Электронный ресурс] : General information. – ASME, 2023. – URL:

- <https://cstools.asme.org/csconnect/CommitteePages.cfm?Committee=103260745> (дата обращения: 14.12.2023).
168. AIAA Committees on Standards [Электронный ресурс] : General information. – AIAA, 2023. – URL: <https://www.aiaa.org/get-involved/committees-groups/AIAA-Committees-on-Standards#propulsion-and-energy> (дата обращения: 14.12.2023).
 169. AIAA R-103-2004 Recommended Practice: Terminology for Unmanned Aerial Vehicles and Remotely Operated Aircraft [Электронный ресурс] : Standard. – AIAA, 2023. – URL: <https://arc.aiaa.org/doi/book/10.2514/4.477072> (дата обращения: 14.12.2023).
 170. R-103-2004 Терминология для беспилотных летательных аппаратов и самолетов с дистанционным управлением [Электронный ресурс] : Документ. – КРТ-ВJ, 2023. – URL: <https://www.krt-bj.net/1425162279.html> (дата обращения: 14.12.2023).
 171. Aerospace Material Standards [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/products-services/standards-and-publications/standards/aerospace-material-standards.html> (дата обращения: 14.12.2023).
 172. Subcommittee F07.07 on Qualification Testing of Aircraft Cleaning Materials [Электронный ресурс] : General information. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/get-involved/technical-committees/committee-F07/subcommittee-F07/jurisdiction-F0707> (дата обращения: 14.12.2023).
 173. Committee F07 on Aerospace and Aircraft [Электронный ресурс] : General information. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/get-involved/technical-committees/committee-f07> (дата обращения: 14.12.2023).
 174. Subcommittee F07.04 on Hydrogen Embrittlement [Электронный ресурс] : General information. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/get-involved/technical-committees/committee-f07/subcommittee-f07/jurisdiction-f0704> (дата обращения: 14.12.2023).
 175. Subcommittee F07.08 on Transparent Enclosures and Materials [Электронный ресурс] : General information. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/get-involved/technical-committees/committee-f07/subcommittee-f07/jurisdiction-f0708> (дата обращения: 14.12.2023).
 176. Committee F37 on Light Sport Aircraft [Электронный ресурс] : General information. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/get-involved/technical-committees/committee-f37> (дата обращения: 14.12.2023).
 177. Committee F38 on Unmanned Aircraft Systems [Электронный ресурс] : General information. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/get-involved/technical-committees/committee-f38> (дата обращения: 14.12.2023).
 178. Committee F39 on Aircraft Systems [Электронный ресурс] : General information. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/get-involved/technical-committees/committee-f39> (дата обращения: 15.12.2023).
 179. Committee F44 on General Aviation Aircraft [Электронный ресурс] : General information. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/get-involved/technical-committees/committee-f44> (дата обращения: 15.12.2023).
 180. Subcommittee F44.40 on Powerplant [Электронный ресурс] : General information. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/get-involved/technical-committees/committee-F44/subcommittee-F44/jurisdiction-F4440> (дата обращения: 15.12.2023).
 181. F3432 Standard Practice for Powerplant Instruments [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/f3432-20a.html> (дата обращения: 15.12.2023).
 182. F3065/F3065M Standard Specification for Aircraft Propeller System Installation [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: https://www.astm.org/f3065_f3065m-21a.html (дата обращения: 15.12.2023).
 183. F3064/F3064M Standard Specification for Aircraft Powerplant Control, Operation, and Indication [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: https://www.astm.org/f3064_f3064m-21.html

- (дата обращения: 15.12.2023).
184. F3062/F3062M Standard Specification for Aircraft Powerplant Installation [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: https://www.astm.org/f3062_f3062m-20.html (дата обращения: 15.12.2023).
 185. F3231/F3231M Standard Specification for Electrical Systems for Aircraft with Combustion Engine Electrical Power Generation [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: https://www.astm.org/f3231_f3231m-23.html (дата обращения: 15.12.2023).
 186. F2506 Standard Specification for Design and Testing of Light Sport Aircraft Propellers [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/f2506-22.html> (дата обращения: 15.12.2023).
 187. F2538 Standard Practice for Design and Manufacture of Reciprocating Compression Ignition Engines for Light Sport Aircraft [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/f2538-07ar19.html> (дата обращения: 15.12.2023).
 188. F3063/F3063M Standard Specification for Aircraft Fuel Storage and Delivery [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: https://www.astm.org/f3063_f3063m-21.html (дата обращения: 15.12.2023).
 189. F3397/F3397M Standard Practice for Aeroplane Turbine Fuel System Hot Weather Operations [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: https://www.astm.org/f3397_f3397m-21.html (дата обращения: 15.12.2023).
 190. F2851 Standard Practice for UAS Registration and Marking (Excluding Small Unmanned Aircraft Systems) [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/f2851-10r18.html> (дата обращения: 15.12.2023).
 191. F3066/F3066M Standard Specification for Aircraft Powerplant Installation Hazard Mitigation [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: https://www.astm.org/f3066_f3066m-23.html (дата обращения: 15.12.2023).
 192. F3239 Standard Specification for Aircraft Electric Propulsion Systems [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/f3239-22a.html> (дата обращения: 15.12.2023).
 193. F3005 Standard Specification for Batteries for Use in Small Unmanned Aircraft Systems (sUAS) [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/f3005-22.html> (дата обращения: 15.12.2023).
 194. F3338 Standard Specification for Design of Electric Engines for General Aviation Aircraft [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/f3338-21.html> (дата обращения: 15.12.2023).
 195. F2840 Standard Practice for Design and Manufacture of Electric Propulsion Units for Light Sport Aircraft [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/f2840-14r23.html> (дата обращения: 15.12.2023).
 196. F3316/F3316M Standard Specification for Electrical Systems for Aircraft with Electric or Hybrid-Electric Propulsion [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: https://www.astm.org/f3316_f3316m-19.html (дата обращения: 15.12.2023).
 197. F3600 Standard Guide for Unmanned Aircraft System (UAS) Maintenance Technician Qualification [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/f3600-22.html> (дата обращения: 15.12.2023).
 198. F945 Standard Test Method for Stress-Corrosion of Titanium Alloys by Aircraft Engine Cleaning Materials [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: <https://www.astm.org/f0945-22.html> (дата обращения: 15.12.2023).
 199. F3341/F3341M Standard Terminology for Unmanned Aircraft Systems [Электронный ресурс] : Standard. – ASTM, 2023. – URL: https://www.astm.org/f3341_f3341m-23.html (дата обращения: 15.12.2023).

200. Electrified Propulsion Aircraft – Standardization Challenges [Электронный ресурс] : Presentation / JAXA. – 2018. – URL: <https://www.aero.jaxa.jp/news/event/pdf/event191128/03clair.pdf> (дата обращения: 15.12.2023).
201. SAE AS20D Definitions, Aircraft Reciprocating Engine Performance [Электронный ресурс] : Standard. – ANSI, 2023. – URL: <https://webstore.ansi.org/standards/sae/sae20d2018> (дата обращения: 15.12.2023).
202. AS6502: Aircraft Propulsion System Performance Nomenclature [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/as6502/> (дата обращения: 15.12.2023).
203. ARP8676: Nomenclature and Definitions for Electrified Propulsion Aircraft [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/arp8676/> (дата обращения: 15.12.2023).
204. SAE AIR8035 Fuel Flow Rates for Jet-Powered Commercial Aircraft Taxi Operations [Электронный ресурс] : Стандарт / ООО «Нормдокс». – 2023. – URL: <https://catalogue.normdocs.ru/?type=card&cid=com.normdocs.sae.card.air8035> (дата обращения: 15.12.2023).
205. AIR790D: Considerations on Ice Formation in Aircraft and Engine Fuel Systems [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air790d/> (дата обращения: 15.12.2023).
206. AIR1408B: Aerospace Fuel System Specifications and Standards [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air1408b/> (дата обращения: 15.12.2023).
207. AIR7975: Aircraft Fuel System Design Guidelines [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air7975/> (дата обращения: 15.12.2023).
208. AS6858: Installation of Fuel Cell Systems in Large Civil Aircraft [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/as6858/> (дата обращения: 15.12.2023).
209. SAE AIR6183 Procedures for the Calculation of Airplane Fuel Consumption [Электронный ресурс] : Стандарт / ООО «Нормдокс». – 2023. – URL: <https://catalogue.normdocs.ru/?type=card&cid=com.normdocs.sae.card.air6183> (дата обращения: 15.12.2023).
210. ARP6385: Aircraft Fuel Pump Mechanical and Electrical Safety Design [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/arp6385/> (дата обращения: 15.12.2023).
211. ARP1797A: Aircraft and Aircraft Engine Fuel Pump Low Lubricity Fluid Endurance Test [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/arp1797a/> (дата обращения: 15.12.2023).
212. ARP5794A: Centrifugal Aircraft Fuel Pump Requirements, Design and Testing, Aerospace Standard [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/arp5794a/> (дата обращения: 15.12.2023).
213. ARP1827D: Measuring Aircraft Gas Turbine Engine Fine Fuel Filter Element Performance [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/arp1827d/> (дата обращения: 15.12.2023).
214. ARP1846B: Measurement of Far Field Noise from Gas Turbine Engines During Static Operation [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/arp1846b/> (дата обращения: 15.12.2023).
215. AIR6418 Transient Measurement Method Development for Aircraft Propulsion Engine and Auxiliary Power Unit Generated Contaminants in Bleed Air [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://saemobilus.sae.org/content/AIR6418/> (дата обращения: 15.12.2023).
216. ARP4865A: Gas Turbine Engine Fuel Nozzle Test Procedures [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/arp4865a/> (дата обращения: 15.12.2023).
217. AIR5715: Procedure for the Calculation of Aircraft Emissions [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air5715/> (дата обращения: 15.12.2023).

218. AIR4023C Aircraft Turbine Fuel Contamination History and Endurance Test Requirements [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://saemobilus.sae.org/content/AIR4023C/> (дата обращения: 15.12.2023).
219. SAE AS 17109A Bearing, Ball, Annular, Primarily for Aircraft Generators and Motor-Generators, Thin Extra Light, Type III [Электронный ресурс] : Standard. – AFNOR, 2023. – URL: <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/sae-as-17109a/us052990/286358> (дата обращения: 15.12.2023).
220. AIR6108: Engine Electronic Unit Fire and Overheat Design Guide - SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air6108/> (дата обращения: 15.12.2023).
221. AIR8678: Architecture Examples for Electrified Propulsion Aircraft - SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air8678/> (дата обращения: 15.12.2023).
222. ARP6109A: Electronic Engine Control Hardware Change Management - SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/arp6109a/> (дата обращения: 15.12.2023).
223. SAE AIR 26B-2018 Number 70-90, 70L-90, 80-100, And 80L-100 Propeller Shaft Ends Dual Rotation (Propeller Supplied Bearing) [Электронный ресурс] : Standard. – ANSI, 2023. – URL: <https://webstore.ansi.org/standards/sae/saeair26b2018> (дата обращения: 15.12.2023).
224. SAE AS 1607A-1992 (SAE AS1607A-1992) Valve, Starter Control, Pneumatic, Aircraft Engine General Specification For [Электронный ресурс] : Standard. – ANSI, 2023. – URL: <https://webstore.ansi.org/standards/sae/sae1607a1992as1607a> (дата обращения: 15.12.2023).
225. AIR1666C: Performance Testing of Lubricant Filter Elements Utilized in Aircraft Power and Propulsion Lubrication Systems - SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air1666c/> (дата обращения: 15.12.2023).
226. AS41F: Propeller Shaft Ends - Single Rotation - SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/as41f/> (дата обращения: 15.12.2023).
227. ARP748B: Gas Turbine Engine Power Take-Off Pad Requirements - SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/arp748b/> (дата обращения: 15.12.2023).
228. AIR1087B: Aircraft Accessory Drag Torque During Engine Starts - SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air1087b/> (дата обращения: 15.12.2023).
229. AIR984D: Air Bleed Objective for Rotorcraft Turbine Engines - SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air984d/> (дата обращения: 15.12.2023).
230. ARP510B: Moment Weight of Turbine and Compressor Rotor Blades - SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/arp510b/> (дата обращения: 18.12.2023).
231. AIR1289A: Evaluation of Helicopter Turbine Engine Linear Vibration Environment - SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air1289a/> (дата обращения: 18.12.2023).
232. ARP863B: Universal Turnover Build-Up Stand for Small Propulsion Units Requiring Vertical Assembly - SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/arp863b/> (дата обращения: 18.12.2023).
233. AIR4869B: Design Considerations for Enclosed Turbofan/Turbojet Engine Test Cells - SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air4869b/> (дата обращения: 18.12.2023).
234. ARP741D: Turbofan and Turbojet Gas Turbine Engine Test Cell Correlation - SAE International

- [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/arp741d/> (дата обращения: 18.12.2023).
235. AIR6189: Design, Calibration, and Test Methods for Turbine Engine Icing Test Facilities – SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air6189/> (дата обращения: 18.12.2023).
236. AIR1749A: Aircraft Fuel System Pressure Definitions – SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air1749a/> (дата обращения: 18.12.2023).
237. AIR7999: Diagnostic and Prognostic Metrics for Aerospace Propulsion Health Management Systems – SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air7999/> (дата обращения: 18.12.2023).
238. ARP1702B Defining and Measuring Factors Affecting Helicopter Turbine Engine Power Available [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://saemobilus.sae.org/content/ARP1702B/> (дата обращения: 18.12.2023).
239. ARP5120: Aircraft Gas Turbine Engine Health Management System Development and Integration Guide – SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/arp5120/> (дата обращения: 18.12.2023).
240. AIR6181A: Electronic Propulsion Control System/Aircraft Interface Control Documents – SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air6181a/> (дата обращения: 18.12.2023).
241. AIR1262: Aircraft, Fire Protection for Helicopter Gas Turbine Powerplant and Related Systems Installations – SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air1262/> (дата обращения: 18.12.2023).
242. ARP1587B Aircraft Gas Turbine Engine Health Management System Guide [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://saemobilus.sae.org/content/ARP1587B/> (дата обращения: 18.12.2023).
243. AIR4495: Helicopter Powerplant Corrosion Protection – SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air4495/> (дата обращения: 18.12.2023).
244. AIR4548B: Real-Time Modeling Methods for Gas Turbine Engine Performance – SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air4548b/> (дата обращения: 18.12.2023).
245. AS4191A: Gas Turbine Engine Performance Presentation for Computer Programs Using Fortran – SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/as4191a/> (дата обращения: 18.12.2023).
246. ARP7998: Shared Memory Interface for Gas Turbine Engine Performance Programs – SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/arp7998/> (дата обращения: 18.12.2023).
247. AIR947: Engine Erosion Protection (Helicopter) – SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air947/> (дата обращения: 18.12.2023).
248. AS13100: AESQ Quality Management System Requirements for Aero Engine Design and Production Organizations – SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/as13100/> (дата обращения: 18.12.2023).
249. SAE Aerospace Quality Standards [Электронный ресурс] : General information. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/publications/collections/content/asquality/> (дата обращения: 18.12.2023).
250. AIR6334: A Guide to Extending Times Between Overhaul for Rotorcraft Power Train Transmissions Using Monitoring Data – SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/air6334/> (дата обращения: 18.12.2023).

251. AS13003: Measurement Systems Analysis Requirements for the Aero Engine Supply Chain - SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/as13003/> (дата обращения: 18.12.2023).
252. SAE International - Mobility engineering [Электронный ресурс] : General information. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/publications/collections/content/sub-pp-stds/> (дата обращения: 18.12.2023).
253. AIR1296 Concurrent Design of Engines and Specifications of Starting Systems for Helicopters [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://saemobilus.sae.org/content/AIR1296/> (дата обращения: 18.12.2023).
254. ARP4940A: Application Guide for Aerospace Hydraulic Motors - SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/arp4940a/> (дата обращения: 18.12.2023).
255. E-39 Unmanned Aircraft Propulsion Committee - Profile - SAE International [Электронный ресурс] : General information. – SAE, 2023. – URL: <http://profiles.sae.org/teae39/> (дата обращения: 18.12.2023).
256. ARP6971: Power and Torque Determination for UAS Engines Having Maximum Power Ratings at or Below 22.4 kW - SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/arp6971> (дата обращения: 18.12.2023).
257. AS8473 (WIP) Endurance Testing for UAS Engines having Maximum Power Ratings at or Below 22.4 kW - SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/as8473/> (дата обращения: 18.12.2023).
258. AS7994 (WIP) Endurance Testing for UAS Engines having Maximum Power Ratings at or Below 22.4 kW - SAE International [Электронный ресурс] : Standard. – SAE, 2023. – URL: <https://www.sae.org/standards/content/as7994/> (дата обращения: 18.12.2023).
259. Report of the Engine/Aircraft Certification Working Group [Электронный ресурс] : Report / EASA. – 2017. – URL: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/EACWG_final_report_June_2017.pdf (дата обращения: 18.12.2023).
260. Federal Aviation Administration Part 33—Airworthiness Standards: Aircraft Engines [Электронный ресурс] : General information. – GPO, 2022. – URL: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2022-title14-vol1/pdf/CFR-2022-title14-vol1-part33.pdf> (дата обращения: 18.12.2023).
261. Index of Part 33: AIRWORTHINESS STANDARDS: AIRCRAFT ENGINES [Электронный ресурс] : Aviation Regulations / Rising Up Aviation. – 2023. – URL: <https://www.risingup.com/fars/info/33-index.shtml> (дата обращения: 18.12.2023).
262. Index of Part 34: FUEL VENTING AND EXHAUST EMISSION REQUIREMENTS FOR TURBINE ENGINE POWERED AIRPLANES [Электронный ресурс] : Aviation Regulations / Rising Up Aviation. – 2023. – URL: <https://www.risingup.com/fars/info/34-index.shtml> (дата обращения: 18.12.2023).
263. Авиационные правила. Часть 34 «Охрана окружающей среды. Эмиссия загрязняющих веществ авиационными двигателями. Нормы и испытания» [Электронный ресурс] : Публикации. – Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация), 2003. – URL: <https://favt.gov.ru/public/materials/8/9/b/a/e/89bae9bb3678d9c6db6400d840aec14c.pdf> (дата обращения: 18.12.2023).
264. Airworthiness Manual Chapter 533 - Aircraft Engines - Canadian Aviation Regulations (CARs) [Электронный ресурс] : Publications. – Government of Canada, 2023. – URL: <https://tc.canada.ca/en/corporate-services/acts-regulations/list-regulations/canadian-aviation-regulations-sor-96-433/standards/airworthiness-manual-chapter-533-aircraft-engines-canadian-aviation-regulations-cars> (дата обращения: 18.12.2023).
265. Canadian Aviation Regulations (SOR/96-433) [Электронный ресурс] : Publications. – Government of Canada, 2023. – URL: <https://tc.canada.ca/en/corporate-services/acts-regulations/list-regulations/canadian-aviation-regulations-sor-96-433> (дата обращения: 18.12.2023).

266. Unmanned Aircraft Systems (UAS) [Электронный ресурс] : General information. – Federal Aviation Administration, 2023. – URL: <https://www.faa.gov/uas> (дата обращения: 18.12.2023).
267. Международная организация гражданской авиации (ИКАО) [Электронный ресурс] : Общая информация. – Министерство транспорта Российской Федерации, 2023. – URL: <https://mintrans.gov.ru/activities/69/79> (дата обращения: 18.12.2023).
268. Все об ИКАО [Электронный ресурс] : Общая информация. – ICAO, 2023. – URL: <https://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx> (дата обращения: 18.12.2023).
269. ИКАО Doc 9760 Руководство по летной годности 2020 [Электронный ресурс] : Документ. – Информационно-аналитический центр ФГУП ГосНИИ ГА, 2020. – URL: <https://www.mlgvs.ru/files/aut/doc-9760-2020-4.pdf> (дата обращения: 22.12.2023).
270. Circular 328. Издание 1. Беспилотные авиационные системы (БАС) [Электронный ресурс] : Документ / Аэростандарт. – 2011. – URL: <https://standart.aero/ru/icao/book/циркуляр-328-беспилотные-авиационные-системы-бас-ру-конс> (дата обращения: 22.12.2023).
271. Ten things to know before flying your new drone [Электронный ресурс] : News / Uniting Aviation. – 2023. – URL: <https://unitingaviation.com/news/general-interest/ten-things-to-know-before-flying-your-new-drone/> (дата обращения: 18.12.2023).
272. Главная страница Информационного комплекта по БАС [Электронный ресурс] : Общая информация. – ICAO, 2023. – URL: <https://www.icao.int/safety/UA/UASToolkit/Pages/default.aspx> (дата обращения: 18.12.2023).
273. Действующие государственные правила [Электронный ресурс] : Общая информация. – ICAO, 2023. – URL: https://www.icao.int/safety/UA/UASToolkit/Pages/State-Regulations_ru.aspx (дата обращения: 18.12.2023).
274. Aircraft Noise [Электронный ресурс] : General information. – ICAO, 2023. – URL: <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/noise.aspx> (дата обращения: 18.12.2023).
275. Technology Goals and Standards [Электронный ресурс] : General information. – ICAO, 2023. – URL: <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/technology-standards.aspx> (дата обращения: 18.12.2023).
276. Noise from Emerging Technology Aircraft [Электронный ресурс] : General information. – ICAO, 2023. – URL: https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/noise_new_concepts.aspx (дата обращения: 18.12.2023).
277. Reduction of Noise at Source [Электронный ресурс] : General information. – ICAO, 2023. – URL: <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/Reduction-of-Noise-at-Source.aspx> (дата обращения: 18.12.2023).
278. State Action Plans and Assistance [Электронный ресурс] : General information. – ICAO, 2023. – URL: https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/ClimateChange_ActionPlan.aspx (дата обращения: 18.12.2023).
279. ICAO Global Coalition for Sustainable Aviation [Электронный ресурс] : General information. – ICAO, 2023. – URL: <https://www.icao.int/environmental-protection/SAC/Pages/learn-more.aspx> (дата обращения: 18.12.2023).
280. Independent Expert Integrated Technology Goals Assessment and Review for Engines and Aircraft (Doc 10127) [Электронный ресурс] : Publications. – ICAO, 2023. – URL: <https://store.icao.int/en/independent-expert-integrated-technology-goals-assessment-and-review-for-engines-and-aircraft-english-printed> (дата обращения: 18.12.2023).
281. Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) [Электронный ресурс] : General information. – ICAO, 2023. – URL: <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/default.aspx> (дата обращения: 18.12.2023).
282. Sustainable Aviation Fuel (SAF) [Электронный ресурс] : General information. – ICAO, 2023. – URL: <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/SAF.aspx> (дата обращения: 18.12.2023).

283. Resolution A41-20: Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection — General provisions, noise and local air quality [Электронный ресурс] : Publications. – ICAO, 2023. – URL: https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/Resolution_A41-20_General_provisions_noise_and_LAQ.pdf (дата обращения: 19.12.2023).
284. Resolution A41-22: Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection — Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) [Электронный ресурс] : Publications. – ICAO, 2023. – URL: https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/Resolution_A41-22_CORSIA.pdf (дата обращения: 19.12.2023).
285. CAEP Report on the Feasibility of a Long-Term Aspirational Goal for International Civil Aviation CO2 Emissions reductions (LTAG) [Электронный ресурс] : Publications. – ICAO, 2023. – URL: https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2022/ENVReport2022_Art93.pdf (дата обращения: 19.12.2023).
286. LTAG Assessment from a Fuels Perspective [Электронный ресурс] : Publications. – ICAO, 2023. – URL: https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2022/ENVReport2022_Art96.pdf (дата обращения: 19.12.2023).
287. Assessment of Noise from Emerging Technology Aircraft [Электронный ресурс] : Publications. – ICAO, 2023. – URL: https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2022/ENVReport2022_Art13.pdf (дата обращения: 19.12.2023).
288. Advancing aviation technology towards industry decarbonisation [Электронный ресурс] : Publications. – ICAO, 2023. – URL: https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2022/ENVReport2022_Art27.pdf (дата обращения: 19.12.2023).
289. The Next Logical Step: Integrated ICAO Environmental Standards [Электронный ресурс] : Publications. – ICAO, 2023. – URL: https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2022/ENVReport2022_Art28.pdf (дата обращения: 19.12.2023).
290. Electric Aircraft [Электронный ресурс] : Publications. – ICAO, 2023. – URL: https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2022/ENVReport2022_Art30.pdf (дата обращения: 19.12.2023).
291. Hydrogen power — boldly going to the heart of climate-neutral aviation [Электронный ресурс] : Report. – ICAO, 2022. – URL: https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2022/ENVReport2022_Art32.pdf (дата обращения: 19.12.2023).
292. New Sustainable Aviation Fuels (SAF) technology pathways under development [Электронный ресурс] : Publications. – ICAO, 2023. – URL: https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2022/ENVReport2022_Art49.pdf (дата обращения: 19.12.2023).
293. Initiatives and Projects [Электронный ресурс] : General information. – ICAO, 2023. – URL: <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/InitiativesAndProjects.aspx> (дата обращения: 19.12.2023).
294. IATA - Italian National Airspace Strategy Marks Successes, Tackles New Challenges [Электронный ресурс] : Press Release. – IATA, 2021. – URL: <https://www.iata.org/en/pressroom/pressroom-archive/2021-releases/2021-12-07-01/> (дата обращения: 19.12.2023).
295. IATA - Aircraft Noise & Local Air Quality [Электронный ресурс] : General information. – IATA, 2023. – URL: <https://www.iata.org/en/programs/environment/laq/> (дата обращения: 19.12.2023).
296. IATA - IATA Welcomes Rolls-Royce Commitment to Open Aftermarket Best Practice [Электронный ресурс] : Press Release. – IATA, 2021. – URL: <https://www.iata.org/en/pressroom/pressroom-archive/2021-releases/2021-07-01-01/> (дата обращения: 19.12.2023).
297. IATA - IATA Calls on Governments to Support Industry Move to SAF [Электронный ресурс] : Press Release. – IATA, 2020. – URL: <https://www.iata.org/en/pressroom/pressroom-archive/2020-press-releases/2020-11-25-01/> (дата обращения: 19.12.2023).
298. IATA - Fuel Servicing Guidelines [Электронный ресурс] : Publications. – IATA, 2023. – URL:

- <https://www.iata.org/en/publications/store/tech-fuel-servicing-guidelines/> (дата обращения: 19.12.2023).
299. IATA - Industry Leaders Discuss Sustainable Aviation alongside Summit of the Americas [Электронный ресурс] : Press Release. – IATA, 2022. – URL: <https://www.iata.org/en/pressroom/2022-releases/2022-06-08-02/> (дата обращения: 19.12.2023).
 300. IATA - ACE - Aviation Carbon Exchange [Электронный ресурс] : General information. – IATA, 2023. – URL: <https://www.iata.org/en/programs/environment/ace/#tab-2> (дата обращения: 19.12.2023).
 301. IATA - Voluntary Carbon Offsetting Best Practices [Электронный ресурс] : General information. – IATA, 2023. – URL: <https://www.iata.org/en/programs/environment/carbon-offset/> (дата обращения: 19.12.2023).
 302. IATA - Fuel [Электронный ресурс] : General information. – IATA, 2023. – URL: <https://www.iata.org/en/programs/ops-infra/fuel/> (дата обращения: 19.12.2023).
 303. IATA Aircraft Technology Roadmap to 2050 [Электронный ресурс] : Publications / IBGAA. – 2023. – URL: <https://ibgaa.com/wp-content/uploads/2021/02/Aircraft-Technology-Roadmap-to-2050.pdf> (дата обращения: 19.12.2023).
 304. ISO/TC 20 - Aircraft and space vehicles [Электронный ресурс] : General information. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/committee/46484/x/catalogue/> (дата обращения: 19.12.2023).
 305. ГОСТ Космические системы, стандарт ISO/TR 16158 [Электронный ресурс] : Стандарты / Стандарт качества. – 2023. – URL: <https://standartno.by/blog/articles/other-topics/gost-kosmicheskie-sistemy-obnovlennoe-rukovodstvo/> (дата обращения: 19.12.2023).
 306. ISO/TC 20/SC 16 - Unmanned aircraft systems [Электронный ресурс] : General information. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/committee/5336224/x/catalogue/> (дата обращения: 19.12.2023).
 307. ISO 1021:1980 - Aircraft — Engine nacelle fire extinguisher apertures and doors [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/standard/5491.html> (дата обращения: 19.12.2023).
 308. ISO/AWI 11241 - Aircraft — Aircraft engine transport devices [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/standard/84970.html> (дата обращения: 19.12.2023).
 309. ISO 11241:1994 - Aircraft — Aircraft engine transport devices [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/standard/19222.html> (дата обращения: 19.12.2023).
 310. ISO 2026:2020 - Aircraft — Connections for starting engines by air [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/standard/76576.html> (дата обращения: 19.12.2023).
 311. ISO 7169:2014 - Aerospace — Separable tube fittings for fluid systems, for 24 degree cones, for pressures up to 3 000 psi or 21 000 kPa — Procurement specification, inch/metric [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/standard/66050.html> (дата обращения: 19.12.2023).
 312. ISO 451:1976 - Aircraft — Pressure re-oiling connection [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/standard/4472.html> (дата обращения: 19.12.2023).
 313. ISO 1971:1975 - Aircraft — Accessory drives and mounting pads [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/standard/6701.html> (дата обращения: 19.12.2023).
 314. ISO 9939:1994 - Aerospace — Pressure re-oiling connection (new type) [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/standard/17834.html> (дата обращения: 19.12.2023).
 315. ISO 13123:2011 - Metallic and other inorganic coatings — Test method of cyclic heating for thermal-barrier coatings under temperature gradient [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/standard/53006.html> (дата обращения: 19.12.2023).
 316. ISO 15911:2000 - Petroleum products — Estimation of net specific energy of aviation turbine fuels using hydrogen content data [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/ru/standard/29515.html> (дата обращения: 19.12.2023).

317. ISO 3648:1994 - Aviation fuels — Estimation of net specific energy [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/standard/20774.html> (дата обращения: 19.12.2023).
318. ISO 18170 Aerospace series - AC induction electric motor driven, variable delivery, hydraulic pumps - General requirements [Электронный ресурс] : Standard. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/wdc-beuth:din21:274176735> (дата обращения: 19.12.2023).
319. ISO 24352:2023 - Technical requirements for small unmanned aircraft electric energy systems [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/standard/78481.html?browse=tc> (дата обращения: 19.12.2023).
320. ISO/DIS 21384-4 - Unmanned aircraft systems — Part 4: Vocabulary [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/standard/85053.html> (дата обращения: 19.12.2023).
321. ISO 21384-4:2020 - Unmanned aircraft systems — Part 4: Vocabulary [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/standard/76785.html> (дата обращения: 19.12.2023).
322. ISO 21384-4:2020 Беспилотные авиационные системы. Часть 4. Словарь [Электронный ресурс] : Стандарты / ФГБУ «Институт стандартизации». – 2023. – URL: <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6528603> (дата обращения: 19.12.2023).
323. ISO 21384-3:2023 - Unmanned aircraft systems — Part 3: Operational procedures [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/standard/80124.html> (дата обращения: 19.12.2023).
324. ISO/WD 21384-3 - Unmanned aircraft systems — Part 3: Operational procedures [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/standard/88660.html> (дата обращения: 19.12.2023).
325. ISO 21384-3:2023 Беспилотные авиационные системы (UAS). Часть 3. Правила эксплуатации [Электронный ресурс] : Стандарты / ФГБУ «Институт стандартизации». – 2023. – URL: <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=7429843> (дата обращения: 19.12.2023).
326. ISO/TC 70 - Internal combustion engines [Электронный ресурс] : General information. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/committee/49826/x/catalogue/> (дата обращения: 19.12.2023).
327. ISO/TC 192 - Gas turbines [Электронный ресурс] : General information. – VDE, 2023. – URL: <https://www.iso.org/committee/54432/x/catalogue/> (дата обращения: 19.12.2023).
328. ISO 10494:2018 Turbines and turbine sets - Measurement of emitted airborne noise - Engineering/survey method [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.vde-verlag.de/iec-standards/225713/iso-10494-2018.html> (дата обращения: 19.12.2023).
329. ISO - 49 - Aircraft and space vehicle engineering [Электронный ресурс] : General information. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/ics/49/x/> (дата обращения: 19.12.2023).
330. ISO - 49.050 - Aerospace engines and propulsion systems Including fuel systems [Электронный ресурс] : General information. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/ics/49.050/x/> (дата обращения: 19.12.2023).
331. ISO 45:1990 - Aircraft — Pressure refuelling connections [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/standard/3678.html?browse=ics> (дата обращения: 25.12.2023).
332. Transport & Mobility [Электронный ресурс] : General information. – BSI, 2023. – URL: <https://www.bsigroup.com/en-GB/industries/transport-and-mobility/> (дата обращения: 20.12.2023).
333. Sustainability In Transport and Mobility [Электронный ресурс] : General information. – BSI, 2023. – URL: <https://www.bsigroup.com/en-GB/industries/transport-and-mobility/sustainability-in-transport-and-mobility/> (дата обращения: 20.12.2023).
334. IWA 42:2022 - Net zero guidelines [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/contents/data/standard/08/50/85089.html> (дата обращения: 20.12.2023).
335. IWA 42:2022 Руководящие принципы по достижению чистого нуля [Электронный ресурс] : Стандарты / ФГБУ «Институт стандартизации». – 2023. – URL:

- <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=7069743> (дата обращения: 20.12.2023).
336. Углеродная нейтральность (PAS 2060) | BUREAU VERITAS в России [Электронный ресурс] : Блог / Bureau Veritas. – 2023. – URL: <https://www.bureau-veritas.ru/nashi-uslugi/sertifikaciya-sistem-menedzhmenta/PAS-2060> (дата обращения: 20.12.2023).
 337. PAS 2060 - Carbon Neutrality [Электронный ресурс] : General information. – BSI, 2023. – URL: <https://www.bsigroup.com/en-GB/capabilities/environment/pas-2060-carbon-neutrality/> (дата обращения: 20.12.2023).
 338. ГОСТ Р ИСО 14064-1-2021 Газы парниковые. Часть 1. Требования и руководство по количественному определению и отчетности о выбросах и поглощении парниковых газов на уровне организации [Электронный ресурс] : Стандарты / Консорциум «Кодекс». – 2023. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181053> (дата обращения: 20.12.2023).
 339. ISO 14064-1:2018 - Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals [Электронный ресурс] : Standard. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/standard/66453.html> (дата обращения: 20.12.2023).
 340. BSI calls attention to reputational impact of greenhouse gas (GHG) emissions [Электронный ресурс] : General information. – BSI, 2023. – URL: <https://www.bsigroup.com/en-GB/about-bsi/media-centre/press-releases/2020/february/bsi-calls-attention-to-reputational-impact-of-greenhouse-gas-ghg-emissions/> (дата обращения: 20.12.2023).
 341. BSI – progress towards a sustainable world [Электронный ресурс] : Presentation. – BSI, 2023. – URL: <https://www.bsigroup.com/siteassets/pdf/en/insights-and-media/insights/white-papers/bsi-net-zero.pdf> (дата обращения: 20.12.2023).
 342. Our Journey to Net Zero [Электронный ресурс] : Media. – BSI, 2023. – URL: <https://www.bsigroup.com/en-GB/insights-and-media/insights/whitepapers/progress-towards-a-sustainable-world-our-journey-to-net-zero/> (дата обращения: 20.12.2023).
 343. BS 185-9 - Glossary of aeronautical and astronautical terms. Propellers [Электронный ресурс] : Standard. – BSI, 2023. – URL: <https://landingpage.bsigroup.com/LandingPage/Undated?UPI=000000000000126628> (дата обращения: 20.12.2023).
 344. BSI BS 185-9-1970 Glossary of Aeronautical and Astronautical Terms - Section 9: Propellers [Электронный ресурс] : Стандарты / Консорциум «Кодекс». – 2023. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/461978782> (дата обращения: 20.12.2023).
 345. BS 185-8:1970 Glossary of aeronautical and astronautical terms Power plant [Электронный ресурс] : Standard. – European Standards, 2023. – URL: <https://www.en-standard.eu/bs-185-8-1970-glossary-of-aeronautical-and-astronautical-terms-power-plant/> (дата обращения: 20.12.2023).
 346. BS ISO 21384-4:2020 Unmanned aircraft systems Vocabulary [Электронный ресурс] : Standard. – European Standards, 2023. – URL: <https://www.en-standard.eu/bs-iso-21384-4-2020-unmanned-aircraft-systems-vocabulary/> (дата обращения: 20.12.2023).
 347. 23/30456614 DC Draft BS ISO 21384-4. Unmanned aircraft systems - Part 4: Vocabulary [Электронный ресурс] : Standard. – BSI, 2023. – URL: <https://knowledge.bsigroup.com/products/draft-bs-iso-21384-4-unmanned-aircraft-systems-part-4-vocabulary?version=standard&tab=preview> (дата обращения: 20.12.2023).
 348. BS EN 3658:2008 Aerospace series. Tube bend radii, for engine application. Design standard [Электронный ресурс] : Standard. – European Standards, 2023. – URL: <https://www.en-standard.eu/bs-en-3658-2008-aerospace-series-tube-bend-radii-for-engine-application-design-standard/> (дата обращения: 20.12.2023).
 349. BS EN 4301:2009 Aerospace series. Identification marking methods for engine items. Engineering requirements [Электронный ресурс] : Standard. – European Standards, 2023. – URL: <https://www.en-standard.eu/bs-en-4301-2009-aerospace-series-identification-marking-methods-for-engine-items->

- engineering-requirements/ (дата обращения: 20.12.2023).
350. BS EN 4300:2008 Aerospace series. Identification marking of engine items. Design standard [Электронный ресурс] : Standard. – European Standards, 2023. – URL: <https://www.en-standard.eu/bs-en-4300-2008-aerospace-series-identification-marking-of-engine-items-design-standard/> (дата обращения: 20.12.2023).
 351. BS ISO 2026:2020 Aircraft. Connections for starting engines by air [Электронный ресурс] : Standard. – European Standards, 2023. – URL: <https://www.en-standard.eu/bs-iso-2026-2020-aircraft-connections-for-starting-engines-by-air/> (дата обращения: 20.12.2023).
 352. BS M 79:1995 Specification for aircraft engine transport devices [Электронный ресурс] : Standard. – BSI, 2023. – URL: <https://knowledge.bsigroup.com/products/specification-for-aircraft-engine-transport-devices?version=standard&tab=preview> (дата обращения: 20.12.2023).
 353. BS C 6:1966 Specification for aircraft engine nacelle fire extinguisher doors [Электронный ресурс] : Standard. – BSI, 2023. – URL: <https://knowledge.bsigroup.com/products/specification-for-aircraft-engine-nacelle-fire-extinguisher-doors?version=standard> (дата обращения: 20.12.2023).
 354. BS EN 3717:2008 Aerospace series. Tubes. Selection for engines fluid systems [Электронный ресурс] : Standard. – European Standards, 2023. – URL: <https://www.en-standard.eu/bs-en-3717-2008-aerospace-series-tubes-selection-for-engines-fluid-systems/> (дата обращения: 20.12.2023).
 355. BS ISO 15911:2000 Methods of test for petroleum and its products. Estimation of net specific energy of aviation turbine fuels using hydrogen content data [Электронный ресурс] : Standard. – European Standards, 2023. – URL: <https://www.en-standard.eu/bs-iso-15911-2000-methods-of-test-for-petroleum-and-its-products-estimation-of-net-specific-energy-of-aviation-turbine-fuels-using-hydrogen-content-data/> (дата обращения: 20.12.2023).
 356. BS EN IEC 62282-4-202:2023 Fuel cell technologies - Fuel cell power systems for propulsion and auxiliary power units. Unmanned aircrafts. Performance test methods [Электронный ресурс] : Standard. – BSB Edge, 2023. – URL: <https://www.bsbedge.com/standard/fuel-cell-technologies-fuel-cell-power-systems-for-propulsion-and-auxiliary-power-units-unmanned-aircrafts-performance-test-methods/BSI30419214> (дата обращения: 20.12.2023).
 357. BS EN 3114-001:2006 Aerospace series. Test method. Microstructure of ($\alpha + \beta$) titanium alloy wrought products General requirements [Электронный ресурс] : Standard. – European Standards, 2023. – URL: <https://www.en-standard.eu/bs-en-3114-001-2006-aerospace-series-test-method-microstructure-of-titanium-alloy-wrought-products-general-requirements/> (дата обращения: 20.12.2023).
 358. Accelerating Progress For The Global Flight Industry [Электронный ресурс] : General information. – BSI, 2023. – URL: <https://www.bsigroup.com/en-GB/capabilities/aerospace/> (дата обращения: 20.12.2023).
 359. Серия стандартов AS/EN 9100 Авиация, космонавтика и оборона [Электронный ресурс] : Стандарты. – BSI, 2023. – URL: <https://www.bsigroup.com/ru-RU/AS-9100/> (дата обращения: 20.12.2023).
 360. National committees of NA 131 [Электронный ресурс] : General information. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nl/national-committees> (дата обращения: 20.12.2023).
 361. European committees of NA 131 [Электронный ресурс] : General information. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nl/european-committees> (дата обращения: 20.12.2023).
 362. International committees of NA 131 [Электронный ресурс] : General information. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nl/international-committees> (дата обращения: 20.12.2023).
 363. About NL [Электронный ресурс] : General information. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nl> (дата обращения: 20.12.2023).
 364. DIN Standards Committee Aerospace [Электронный ресурс] : Report. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/resource/blob/222866/287ca289c674db097a57284f7df0f962/nl-image-data.pdf>

- (дата обращения: 20.12.2023).
365. DIN EN 3717 Aerospace series - Tubes - Selection for engines fluid systems; German and English version EN 3717:2008 [Электронный ресурс] : Standard. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nl/publications/wdc-beuth:din21:108617822> (дата обращения: 20.12.2023).
 366. DIN 9015-2 Aerospace; ISO-fits for engine construction (except mounting of roller bearings) [Электронный ресурс] : Standard. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nl/publications/wdc-beuth:din21:1324497> (дата обращения: 20.12.2023).
 367. DIN EN 4301 Aerospace series - Identification marking methods for engine items - Engineering requirements; German and English version EN 4301:2009 [Электронный ресурс] : Standard. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nl/publications/wdc-beuth:din21:117012680> (дата обращения: 20.12.2023).
 368. DIN EN 4300 Aerospace series - Identification marking of engine items - Design standard; German and English version EN 4300:2008 [Электронный ресурс] : Standard. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nl/publications/wdc-beuth:din21:108078537> (дата обращения: 20.12.2023).
 369. DIN EN 3658 Aerospace series - Tube bend radii, for engine application - Design standard; German and English version EN 3658:2008 [Электронный ресурс] : Standard. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nl/publications/wdc-beuth:din21:107445523> (дата обращения: 20.12.2023).
 370. Publications of NA 131-04-07 AA [Электронный ресурс] : General information. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nl/national-committees/68242/wdc-grem:din21:75061839!search-grem-details?masking=true> (дата обращения: 20.12.2023).
 371. NA 131-01-01 AA General [Электронный ресурс] : General information. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nl/national-committees/wdc-grem:din21:226391382> (дата обращения: 20.12.2023).
 372. Publications of NA 131-01-01 AA [Электронный ресурс] : General information. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nl/national-committees/68242/wdc-grem:din21:226391382!search-grem-details?masking=true> (дата обращения: 20.12.2023).
 373. NA 131-01-03 AA Operations [Электронный ресурс] : General information. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nl/national-committees/wdc-grem:din21:292165576> (дата обращения: 20.12.2023).
 374. Publications of NA 131-01-03 AA [Электронный ресурс] : General information. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nl/national-committees/68242/wdc-grem:din21:292165576!search-grem-details?masking=true> (дата обращения: 20.12.2023).
 375. NA 131-01-04 AA U-Space/UTM [Электронный ресурс] : General information. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nl/national-committees/wdc-grem:din21:292165641> (дата обращения: 20.12.2023).
 376. Publications of NA 131-01-04 AA [Электронный ресурс] : General information. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nl/national-committees/68242/wdc-grem:din21:292165641!search-grem-details?masking=true> (дата обращения: 20.12.2023).
 377. Standardization roadmap for hydrogen technologies [Электронный ресурс] : General information. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/innovation-and-research/standardization-roadmap-for-hydrogen-technologies> (дата обращения: 20.12.2023).
 378. Working committees of the standardization roadmap for hydrogen technologies [Электронный ресурс] : General information. – DIN, 2023. – URL: <https://www.din.de/en/innovation-and-research/standardization-roadmap-for-hydrogen-technologies/working-committees> (дата обращения: 20.12.2023).
 379. Climate change [Электронный ресурс] : General information. – DIN, 2023. – URL:

- <https://www.din.de/en/innovation-and-research/climate-change> (дата обращения: 20.12.2023).
380. International and foreign standards [Электронный ресурс] : General information. – AFNOR, 2023. – URL: <https://www.boutique.afnor.org/en-gb/standards/collections> (дата обращения: 20.12.2023).
381. NF EN ISO 1825 Tuyaux et flexibles en caoutchouc pour le ravitaillement carburant et la vidange des avions au sol - Spécifications [Электронный ресурс] : Standard. – AFNOR, 2023. – URL: <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-en-iso-1825/tuyaux-et-flexibles-en-caoutchouc-pour-le-ravitaillement-carburant-et-la-vi/fa186775/80410> (дата обращения: 20.12.2023).
382. NF L41-136 Pollution des circuits de carburant d'aéronefs - Filtres et éléments filtrants - Mesure de la capacité de rétention avec polluant spécifique des circuits de carburant [Электронный ресурс] : Standard. – AFNOR, 2023. – URL: <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-l41136/pollution-des-circuits-de-carburant-daeronefs-filtres-et-elements-filtrants/fa037003/9934> (дата обращения: 20.12.2023).
383. CEN/TC 471 - Unmanned aircraft systems [Электронный ресурс] : General information. – CEN, 2023. – URL: https://standards.cen-cenelec.eu/dyn/www/f?p=205:7:0:::FSP_ORG_ID:3222426&cs=1F68646B3C585FF5E6C2D743909749AA1 (дата обращения: 21.12.2023).
384. CEN/TC 471 - Unmanned aircraft systems. Work programme [Электронный ресурс] : General information. – CEN, 2023. – URL: https://standards.cen-cenelec.eu/dyn/www/f?p=205:22:0:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:3222426,25&cs=1F4942EEBFFCDO39F1589EB1839F1F259 (дата обращения: 21.12.2023).
385. About ASD-STAN [Электронный ресурс] : General information. – ASD-STAN, 2023. – URL: <https://asd-stan.org/about-asd-stan/> (дата обращения: 21.12.2023).
386. ASD-STAN - Aerospace [Электронный ресурс] : General information. – CEN, 2023. – URL: https://standards.cen-cenelec.eu/dyn/www/f?p=205:29:0:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:6378,25&cs=1EAED55E8D11445412C87CA39C15B30CF#1 (дата обращения: 21.12.2023).
387. EN 3658:2008 Aerospace series - Tube bend radii, for engine application - Design standard [Электронный ресурс] : Standard. – CEN, 2023. – URL: https://standards.cen-cenelec.eu/dyn/www/f?p=205:110:0:::FSP_PROJECT:17669&cs=127FED403C0416C4EAE635464F5B4E7ED (дата обращения: 21.12.2023).
388. EN 3717:2008 Aerospace series - Tubes - Selection for engines fluid systems [Электронный ресурс] : Standard. – CEN, 2023. – URL: https://standards.cen-cenelec.eu/dyn/www/f?p=205:110:0:::FSP_PROJECT:17428&cs=1B89B8EE7C778336D30000E292CC11BEF (дата обращения: 21.12.2023).
389. EN 4300:2008 Aerospace series - Identification marking of engine items - Design standard [Электронный ресурс] : Standard. – CEN, 2023. – URL: https://standards.cen-cenelec.eu/dyn/www/f?p=205:110:0:::FSP_PROJECT:28742&cs=16D95E98D0AF270D5ECE1CD2951737E1F (дата обращения: 21.12.2023).
390. EN 4301:2009 Aerospace series - Identification marking methods for engine items - Engineering requirements [Электронный ресурс] : Standard. – CEN, 2023. – URL: https://standards.cen-cenelec.eu/dyn/www/f?p=205:110:0:::FSP_PROJECT:28743&cs=1C11C301E92077F07A7288F227C7B4655 (дата обращения: 21.12.2023).
391. ISO - ASD-STAN - AeroSpace and Defence Industries Association of Europe - Standardization [Электронный ресурс] : General information. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/organization/8762.html> (дата обращения: 21.12.2023).
392. TC435 Цюаньго ханкунци бяочжуньхуа цзишу вэйюаньхуэй 全国航空器标准化技术委员会 (Национальный технический комитет по стандартизации воздушных судов) [Электронный ресурс] : Цзишу вэйюаньхуэй 技术委员会 (Технические комитеты). – OpenSTD, 2023. – URL: https://std.samr.gov.cn/search/orgDetailView?data_id=BACC0BAA8D380E40E05397BE0A0A7FB5 (дата обращения: 21.12.2023).

393. TC435/SC1 Цюаньго ханкунци бяочжуньхуа цзишу вэйюаньхуэй Ужэнь цзяши ханкунци ситун фэнь цзишу вэйюаньхуэй 全国航空器标准化技术委员会无人驾驶航空器系统分技术委员会 (Технический подкомитет по беспилотным авиационным системам Национального технического комитета по стандартизации воздушных судов) [Электронный ресурс] : Цзишу вэйюаньхуэй 技术委员会 (Технические комитеты). – OpenSTD, 2023. – URL: https://std.samr.gov.cn/search/orgDetailView?data_id=6F97F41B5C25602AE05397BE0A0A0ABC (дата обращения: 21.12.2023).
394. TC435/SC2 Цюаньго ханкунци бяочжуньхуа цзишу вэйюаньхуэй Фукунци фэнь цзишу вэйюаньхуэй 全国航空器标准化技术委员会浮空器分技术委员会 (Технический подкомитет по полетам Национального технического комитета по стандартизации воздушных судов) [Электронный ресурс] : Цзишу вэйюаньхуэй 技术委员会 (Технические комитеты). – OpenSTD, 2023. – URL: https://std.samr.gov.cn/search/orgDetailView?data_id=971C884A8FDC9050E05397BE0A0A9E0A (дата обращения: 21.12.2023).
395. TC435/SC3 Цюаньго ханкунци бяочжуньхуа цзишу вэйюаньхуэй Ханкунци шуцзюй динъи юй гуанъли фэнь цзишу вэйюаньхуэй 全国航空器标准化技术委员会航空器数据定义与管理分技术委员会 (Технический подкомитет по управлению авиационными данными Национального технического комитета по стандартизации воздушных судов) [Электронный ресурс] : Цзишу вэйюаньхуэй 技术委员会 (Технические комитеты). – OpenSTD, 2023. – URL: https://std.samr.gov.cn/search/orgDetailView?data_id=F801B5B8669AB764E05397BE0A0AE32A (дата обращения: 21.12.2023).
396. GB/T 39567-2020 General specification for brushless servo motor systems for multi-rotor unmanned aircraft [Электронный ресурс] : Standard. – ChineseStandard, 2023. – URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GBT39567-2020> (дата обращения: 21.12.2023).
397. GB/T 38152-2019 Terminology for unmanned aircraft system [Электронный ресурс] : Standard. – SAC, 2023. – URL: <https://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=95A47695C5864F2CE05397BE0A0AB3E0> (дата обращения: 21.12.2023).
398. GB/T 36247-36252-2018 [Электронный ресурс] : Standard. – SAC, 2023. – URL: <http://cc.sacinfo.org.cn/course?id=8a6dd87172cbeab001732c78493e130f> (дата обращения: 21.12.2023).
399. TC396 Цюаньго жанъляо пэньшэ ситун бяочжуньхуа цзишу вэйюаньхуэй 全国燃料喷射系统标准化技术委员会 (Национальный технический комитет по стандартизации систем впрыска топлива) [Электронный ресурс] : Цзишу вэйюаньхуэй 技术委员会 (Технические комитеты). – OpenSTD, 2023. – URL: https://std.samr.gov.cn/search/orgDetailView?data_id=8DB2DF27CAD538F6E05397BE0A0AC131 (дата обращения: 21.12.2023).
400. TC464 Цюаньго ханкун юньшу бяочжуньхуа цзишу вэйюаньхуэй 全国航空运输标准化技术委员会 (Национальный технический комитет по стандартизации воздушного транспорта) [Электронный ресурс] : Цзишу вэйюаньхуэй 技术委员会 (Технические комитеты). – OpenSTD, 2023. – URL: https://std.samr.gov.cn/search/orgDetailView?data_id=5DDA8BA3FE8B18DEE05397BE0A0A95A7 (дата обращения: 21.12.2023).
401. Гоцзя бяочжунь цюаньвэнь юэду 7 国家标准全文阅读 7 (Полный текст национальных стандартов 7) [Электронный ресурс] : Бяочжунь 标准 (Стандарты). – OpenSTD, 2023. – URL: https://openstd.samr.gov.cn/bz/gk/gb/std_list?r=0.08240894437727375&page=1&pageSize=50&p1=0&p2=%E6%97%A0%E4%BA%BA%E6%9C%BA&p90=circulation_date&p91=desc (дата обращения: 21.12.2023).
402. «Чжунго чжицзао 2025» цзедучжи: туйдун ханкун чжуанбэй фачжань 《中国制造2025》解读之: 推动航空装备发展 (Содержание документа «Сделано в Китае 2025»: Содействие развитию авиационного оборудования) [Электронный ресурс] : Цзяньцзе 简介 (Общая информация) – Chinese Government, 2023. – URL: https://www.gov.cn/zhuant/2016-05/12/content_5072767.htm (дата обращения: 21.12.2023).
403. Исследование Регулирование применения БАС: Опыт Китая [Электронный ресурс] : Общая информация. – АЭРОНЕКСТ, 2023. – URL: https://aeronext.aero/press_room/analytics/142176 (дата обращения: 25.12.2023).

404. TED 14–Air and Space Vehicles Sectional Committee [Электронный ресурс] : General information. – BIS, 2023. – URL: https://services.bis.gov.in/php/BIS_2.0/bisconnect/tech_dept/MeetingsCalender/committeeDetails/82/2 (дата обращения: 21.12.2023).
405. TED14 : Air and Space Vehicles Sectional Committee [Электронный ресурс] : General information. – BIS, 2023. – URL: https://services.bis.gov.in/php/BIS_2.0/bisconnect/pow_details?tecd=67&tc=82 (дата обращения: 21.12.2023).
406. IS 18381 (Part 1) : 2023 Unmanned Aerial Vehicles (UAV) – General Requirements Part 1 Applications Other Than Military Purposes [Электронный ресурс] : Standard. – BIS, 2023. – URL: https://services.bis.gov.in/php/BIS_2.0/bisconnect/standard_review/Standard_review/Isdetails?ID=Mjk3ODQ%3D (дата обращения: 21.12.2023).
407. TED Department Documents [Электронный ресурс] : General information. – BIS, 2023. – URL: https://services.bis.gov.in/php/BIS_2.0/StandardsFormulationV2/DeptDocList.php?deptId=Njc%3D&tc=ODI%3D (дата обращения: 21.12.2023).
408. TED32 Working Group Details [Электронный ресурс] : General information. – BIS, 2023. – URL: https://www.services.bis.gov.in/php/BIS_2.0/bisconnect/dgdashboard/committee_sso/working-GroupDetails/432 (дата обращения: 21.12.2023).
409. ISO/TC 20 – Aircraft and space vehicles Participation [Электронный ресурс] : General information. – ISO, 2023. – URL: <https://www.iso.org/committee/46484.html?view=participation> (дата обращения: 21.12.2023).
410. Standards National Action Plan 2022–27 [Электронный ресурс] : General information. – BIS, 2023. – URL: <https://www.bis.gov.in/wp-content/uploads/2023/05/SNPbookBilingual.pdf> (дата обращения: 21.12.2023).
411. Termo de Confidencialidade [Электронный ресурс] : General information. – ABNT, 2023. – URL: <https://www.abntonline.com.br/normalizacao/form.aspx> (дата обращения: 21.12.2023).
412. ГОСТ 23851-79 Двигатели газотурбинные авиационные. Термины и определения [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/40186/> (дата обращения: 22.12.2023).
413. ГОСТ 26382-84 Двигатели газотурбинные гражданской авиации. Допустимые уровни вибрации и общие требования к контролю вибрации [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/39153/> (дата обращения: 22.12.2023).
414. ГОСТ 17106-90 Двигатели газотурбинные авиационные. Понятия, состав и контроль массы [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/28324/> (дата обращения: 22.12.2023).
415. ГОСТ Р 58989-2020 Двигатели газотурбинные авиационные. Неразрушающий контроль основных деталей. Общие требования [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/74297/> (дата обращения: 22.12.2023).
416. ГОСТ Р 58993-2020 Двигатели газотурбинные авиационные. Испытания по определению концентрации токсичных примесей в отбираемом от двигателя воздухе [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/74318/> (дата обращения: 27.12.2023).
417. ГОСТ Р 53461-2009 Двигатели авиационные и их узлы. Методы нумерации и описание направления вращения [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/49978/> (дата обращения: 22.12.2023).
418. ГОСТ Р 53541-2009 Авиационные двигатели и их узлы. Индексация параметров состояния воздуха (газа) по сечениям проточной части авиационных двигателей и связанных с ними газоздушных систем [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/49249/> (дата обращения: 22.12.2023).
419. ГОСТ Р 56090-2014 Двигатели авиационные и их составные части. Чистота промышленная особо

- ответственных элементов конструкции топливной, масляной и гидравлической систем авиационных двигателей. Термины и определения [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/57779/> (дата обращения: 22.12.2023).
420. ГОСТ Р 56181-2014 Двигатели авиационные и их составные части. Чистота промышленная. Методы очистки особо ответственных элементов конструкции авиационных двигателей. Общие технические требования [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/58179/> (дата обращения: 27.12.2023).
421. ГОСТ 17.2.2.04-86 Охрана природы. Атмосфера. Двигатели газотурбинные самолетов гражданской авиации. Нормы и методы определения выбросов загрязняющих веществ [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/28989/> (дата обращения: 22.12.2023).
422. ГОСТ 26820-86 Установки силовые вспомогательные пассажирских и транспортных самолетов. Допускаемые уровни шума, создаваемого на местности, и методы их определения [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/19923/> (дата обращения: 22.12.2023).
423. ГОСТ 22283-88 Шум авиационный. Допустимые уровни шума на территории жилой застройки и методы его измерения [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/19572/> (дата обращения: 25.12.2023).
424. ГОСТ 10227-2013 Топливо для реактивных двигателей. Технические условия [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/56251/> (дата обращения: 22.12.2023).
425. ГОСТ Р 52050-2020 Топливо авиационное для газотурбинных двигателей ДЖЕТ А-1 (Jet A-1). Технические условия [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/73965/> (дата обращения: 27.12.2023).
426. ГОСТ Р 53542-2009 Двигатели авиационные и их составные части. Пайка высоколегированных сталей в вакууме. Общие требования к технологическому процессу [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/49189/> (дата обращения: 22.12.2023).
427. ГОСТ Р 58849-2020 Авиационная техника гражданского назначения. Порядок создания. Основные положения [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/73306/> (дата обращения: 22.12.2023).
428. ГОСТ Р 58990-2020 Турбины авиационных газотурбинных двигателей. Методика расчета характеристик турбины на среднем диаметре [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/74320/> (дата обращения: 27.12.2023).
429. ГОСТ Р 58999-2020 Лопатки газотурбинных двигателей. Периодические испытания на усталость [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/74323/> (дата обращения: 27.12.2023).
430. ГОСТ Р 58992-2020 Материалы для авиационных газотурбинных двигателей. Методы испытаний на усталость при повышенных температурах [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/74332/> (дата обращения: 27.12.2023).
431. ГОСТы: Авиация [Электронный ресурс] : Каталог ГОСТов / «РусКабель». – 2023. – URL: <https://gost.ruscable.ru/catalog/?c=0&p=0&f1=112005001&f2=3&f3=0&f4=0&ft=0&l=> (дата обращения: 25.12.2023).
432. Воздушный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : Документ. – Официальное опубликование правовых актов, 1997. – URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102046246&rdk=> (дата обращения: 22.12.2023).
433. Порядок использования воздушного пространства РФ беспилотными воздушными судами (БВС, БПЛА, беспилотники, дроны) [Электронный ресурс] : Документы. – Федеральное агентство воздушного транспорта Росавиация, 2023. – URL: <https://favt.gov.ru/poryadok-ispolzovaniya-besplotnyh->

- vozdychnih-sudov (дата обращения: 22.12.2023).
434. Приказ Минтранса России от 30.07.2020 N 273 "Об утверждении Федеральных авиационных правил «Правила допуска к эксплуатации пилотируемых гражданских воздушных судов на основании акта оценки воздушного судна на его соответствие требованиям к летной годности и к охране окружающей среды» [Электронный ресурс] : Документ. – СВ МТУ Росавиации, 2020. – URL: <https://sv.favt.ru/public/materials/1/c/1/b/9/1c1b9684dd169cfe18be31770cc6df7a.pdf> (дата обращения: 22.12.2023).
 435. Авиационные правила. Часть 23. Нормы летной годности гражданских легких самолетов [Электронный ресурс] : Документ. – Законы, кодексы и нормативно-правовые акты в Российской Федерации, 2023. – URL: <https://legalacts.ru/doc/aviatsionnye-pravila-chast-23-normy-letnoi-godnosti-grazhdanskikh-legkikh/> (дата обращения: 22.12.2023).
 436. Авиационные правила. Часть 33. Нормы летной годности двигателей воздушных судов [Электронный ресурс] : Документ. – Кодификация.рф, 2023. – URL: <https://rulaws.ru/acts/Aviatsionnye-pravila.-Chast-33.-Normy-letnoy-godnosti-dvigateley-vozdushnyh-sudov/> (дата обращения: 22.12.2023).
 437. Авиационные правила. Часть 27. Нормы летной годности винтокрылых аппаратов нормальной категории [Электронный ресурс] : Документ. – Законы, кодексы и нормативно-правовые акты в Российской Федерации, 2023. – URL: <https://legalacts.ru/doc/aviatsionnye-pravila-chast-27-normy-letnoi-godnosti-vintokrylykh-apparatov/> (дата обращения: 25.12.2023).
 438. Руководство по типовым правилам национального регулирования производства полетов и сохранения летной годности воздушных судов DOC 9388-AM/918 [Электронный ресурс] : Документ / Юридическое бюро AERONHELP. – 2023. – URL: https://aerohelp.ru/sysfiles/374_205.pdf (дата обращения: 22.12.2023).
 439. Annex 16. Том 2. Издание 4. Охрана окружающей среды. Том II. Эмиссия авиационных двигателей [Электронный ресурс] : Документ / Аэростандарт. – 2021. – URL: <https://standart.aero/ru/icao/book/аннекс-16-т-2-охрана-окружающей-среды-том-ii-эмиссия-авиационных-двигателей-ру-конс> (дата обращения: 22.12.2023).
 440. Doc 9501. Том 2. Издание 4. Техническое руководство по окружающей среде. Том II. Методики сертификации авиационных двигателей по эмиссии [Электронный ресурс] : Документ / Аэростандарт. – 2020. – URL: <https://standart.aero/ru/icao/book/документ-9501-т-2-техническое-руководство-по-окружающей-среде-том-ii-методики-сертификации-ру-конс> (дата обращения: 22.12.2023).
 441. Перечень законодательных и иных нормативных правовых актов, регулирующих деятельность АОН [Электронный ресурс] : Общая информация. – Федеральное агентство воздушного транспорта Росавиация, 2023. – URL: <https://m.favt.gov.ru/aviaciya-obshego-haznacheniya-perechen-zakonodatelnih-i-normativnyh-aktov/> (дата обращения: 22.12.2023).
 442. Нормативно-правовые акты [Электронный ресурс] : Общая информация. – Федеральное агентство воздушного транспорта Росавиация, 2023. – URL: <https://favt.gov.ru/sertifikaciya-avia-tehniky-sertifikaciya-tipa-avia-tehnika-zakony-pravila-dokumenty/?id=5497> (дата обращения: 22.12.2023).
 443. Нормы летной годности [Электронный ресурс] : Общая информация. – Федеральное агентство воздушного транспорта Росавиация, 2023. – URL: <https://favt.gov.ru/sertifikaciya-avia-tehniky-sertifikaciya-tipa-avia-tehnika-zakony-pravila-dokumenty/?id=5498> (дата обращения: 22.12.2023).
 444. Информационные материалы [Электронный ресурс] : Общая информация. – Федеральное агентство воздушного транспорта Росавиация, 2023. – URL: <https://favt.gov.ru/sertifikaciya-avia-tehniky-sertifikaciya-tipa-avia-tehnika-zakony-pravila-dokumenty/?id=10049> (дата обращения: 22.12.2023).
 445. Методические рекомендации [Электронный ресурс] : Общая информация. – Федеральное агентство воздушного транспорта Росавиация, 2023. – URL: <https://favt.gov.ru/sertifikaciya-avia-tehniky-sertifikaciya-tipa-avia-tehnika-zakony-pravila-dokumenty/?id=10186> (дата обращения: 22.12.2023).
 446. Библиотека нормативных правовых актов [Электронный ресурс] : Общая информация. – АЭРОНЕКСТ, 2023. – URL: <https://aeronext.aero/npa> (дата обращения: 22.12.2023).

447. Опрос: Регулирование БАС [Электронный ресурс] : Общая информация. – АЭРОНЕКСТ, 2023. – URL: <https://aeronext.aero/Interview/103/results/> (дата обращения: 25.12.2023).
448. Стандартизация и сертификация российской авиационной техники [Электронный ресурс] : Блог / ФБУ «Якутский ЦСМ». – 2020. – URL: <https://yakcsm.ru/info/news/standartizatsiya-i-sertifikatsiya-rossiyskoy-aviatsionnoy-tehniki/> (дата обращения: 22.12.2023).
449. Федеральные авиационные правила [Электронный ресурс] : Документы. – Федеральное агентство воздушного транспорта Росавиация, 2019. – URL: <https://favt.gov.ru/dokumenty-federalnye-pravila/?id=6833> (дата обращения: 22.12.2023).
450. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 17.06.2019 № 184 [Электронный ресурс] : Документ. – Официальное опубликование правовых актов, 2019. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201909090034> (дата обращения: 22.12.2023).
451. Беспилотные авиационные системы получают отдельную программу стандартизации [Электронный ресурс] : Новости. – Росстандарт, 2023. – URL: <https://www.rst.gov.ru/newsRST/redirect/news/1//8889> (дата обращения: 22.12.2023).
452. Белоусов анонсировал разработку программы по стандартизации беспилотников в 2024 году [Электронный ресурс] : Новости. – ТАСС, 2023. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/17633747> (дата обращения: 22.12.2023).
453. Национальные стандарты для беспилотной техники [Электронный ресурс] : Новости / Союз Авиапроизводителей России. – 2021. – URL: <https://aviationunion.ru/media/news/22238/> (дата обращения: 25.12.2023).
454. ГОСТ Р 56122-2014 Воздушный транспорт. Беспилотные авиационные системы. Общие требования [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/57891/> (дата обращения: 25.12.2023).
455. ГОСТ Р 57258-2016 Системы беспилотные авиационные. Термины и определения [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/63838/> (дата обращения: 22.12.2023).
456. ГОСТ Р 58988-2020 Беспилотные авиационные системы. Технологии топливных элементов на воздушном транспорте. Термины и определения [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/74327/> (дата обращения: 27.12.2023).
457. ГОСТ Р 59169-2020 Строительные работы и типовые технологические процессы. Применение беспилотных воздушных судов при выполнении земляных работ. Общие требования [Электронный ресурс] : Документ. – Росстандарт, 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/75285/> (дата обращения: 27.12.2023).
458. ГОСТ Р 59517-2021 Беспилотные авиационные системы. Классификация и категоризация [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/76223/> (дата обращения: 22.12.2023).
459. ГОСТ Р 59518-2021 Беспилотные авиационные системы. Порядок разработки [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/76218/> (дата обращения: 22.12.2023).
460. ГОСТ Р 59519-2021 Беспилотные авиационные системы. Компоненты беспилотных авиационных систем. Спецификация и общие технические требования [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/76222/> (дата обращения: 22.12.2023).
461. ГОСТ Р 59520-2021 Беспилотные авиационные системы. Функциональные свойства станции внешнего пилота [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/76201/> (дата обращения: 22.12.2023).
462. ГОСТ Р 59751-2021 Беспилотные авиационные системы с беспилотными воздушными судами самолетного типа. Требования к летной годности [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/76405/> (дата обращения: 25.12.2023).

463. ГОСТ Р 70078-2022 Программно-аппаратный комплекс аэрофототопографической съемки с использованием беспилотного воздушного судна. Технические требования [Электронный ресурс] : Стандарты / Интернет и право. – 2023. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/77762/> (дата обращения: 27.12.2023).
464. ГОСТ Р 70802-2023 Беспилотные авиационные системы для обеспечения пожаротушения, аварийно-спасательных и других работ, выполняемых в целях предупреждения чрезвычайных ситуаций и ликвидации их последствий. Общие требования [Электронный ресурс] : Документ. – Росстандарт, 2023. – URL: https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/catalognational?portal:componentId=3503536e-2ac1-4753-8ed1-09a92fee02de&portal:isSecure=false&portal:portletMode=view&navigationalstate=JBPNS_r00ABXc6AAZHy3Rpb24AAAABABBjb25jcmV0ZURvY3VtZW50AAZkb2NfaWQAAAABAAU0NzM1NwAHX19FT0ZfXw** (дата обращения: 27.12.2023).
465. Российские беспилотники: летим к триллиону [Электронный ресурс] : Новости / Фонд инфраструктурных и образовательных программ. – 2023. – URL: <https://fiop.site/press-tsentr/release/nanocenter/20230710-ekspert-rossiyskie-bespilotniki-letim-k-trillionu/> (дата обращения: 25.12.2023).
466. ИННОПРОМ-2023: Алексей Боровков совместно с ведущими экспертами обсудил актуальные вопросы формирования и развития отрасли беспилотной авиации в России - FEA.RU | CompMechLab - разработка и применение цифровых двойников (digital twin), цифровое проектирование, CAD/CAE/CAM/CAO/HPC [Электронный ресурс] : Новости. – Fea.ru, 2023. – URL: <https://fea.ru/news/8550> (дата обращения: 22.12.2023).
467. Денис Мантуров принял участие в пленарной сессии Российского конгресса двигателестроения [Электронный ресурс] : Новости. – Правительство России, 2023. – URL: <http://government.ru/news/49787/> (дата обращения: 25.12.2023).
468. На демо-дне Индустриального центра компетенций «Двигателестроение» были представлены результаты проекта по разработке технологии цифрового двойника морского газотурбинного двигателя [Электронный ресурс] : Новости. – ПИШ СПбПУ «Цифровой инжиниринг», 2023. – URL: <https://pish.spbstu.ru/news/8630> (дата обращения: 25.12.2023).
469. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23 марта 2018 г. № 482-р План мероприятий («дорожная карта») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Технет» (передовые производственные технологии) [Электронный ресурс] : Документ. – Правительство Российской Федерации, 2023. – URL: <http://static.government.ru/media/files/ODIAdH1grVASSI22X0rkGINpgPQaBR4P.pdf> (дата обращения: 22.12.2023).
470. Межгосударственный Авиационный Комитет [Электронный ресурс] : Общая информация. – Межгосударственный авиационный комитет, 2023. – URL: <https://mak-iac.org/> (дата обращения: 22.12.2023).
471. Сертифицированные авиационные двигатели [Электронный ресурс] : Общая информация. – Авиационный регистр МАК, 2023. – URL: <https://armak-iac.org/sertifikaty/sertifikaty-tipa-na-aviatsionnye-dvigateli/> (дата обращения: 25.12.2023).
472. Классификация БПЛА по летным характеристикам [Электронный ресурс] : Документ. – Pioneer, 2022. – URL: <https://pioneer-doc.readthedocs.io/ru/master/database/const-module/classification/classification.html> (дата обращения: 21.12.2023).
473. Who is AUVSI [Электронный ресурс] : General information / AUVSI. – 2023. – URL: <https://www.auvsi.org/who-auvsi> (дата обращения: 21.12.2023).
474. The JAPCC Flight Plan for Unmanned Aircraft Systems in NATO [Электронный ресурс] : Documents. – JAPCC, 2008. – URL: https://www.japcc.org/wp-content/uploads/JAPCC_UAV_Flight_Plan_2008_screen.pdf (дата обращения: 21.12.2023).

475. UAV Roadmap [Электронный ресурс] : Documents / Kawakaviation. – 2005. – URL: https://kawakaviation.com/wp-content/uploads/2012/02/uav_roadmap2005.pdf (дата обращения: 21.12.2023).
476. Емельяненко А. Академик Каблов: Только 4 страны смогли создать турбореактивные двигатели [Электронный ресурс] : Новости / Российская газета. – 2019. – URL: <https://rg.ru/2019/04/20/akademik-kablov-tolko-4-strany-smogli-sozdat-turboreaktivnye-dvigateli.html> (дата обращения: 01.12.2023).
477. General Electric [Электронный ресурс] : General information. – General Electric, 2023. – URL: <https://www.ge.com/> (дата обращения: 31.10.2023).
478. Honeywell – The Future Is What We Make It [Электронный ресурс] : General information. – Honeywell, 2023. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en> (дата обращения: 26.10.2023).
479. Pratt & Whitney – Home [Электронный ресурс] : General information. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en> (дата обращения: 26.10.2023).
480. Safran [Электронный ресурс] : General information. – Safran, 2023. – URL: <https://www.safran-group.com/> (дата обращения: 31.10.2023).
481. Rolls-Royce – Delivering complex power solutions [Электронный ресурс] : General information. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/> (дата обращения: 31.10.2023).
482. ОДК – Объединенная двигателестроительная корпорация [Электронный ресурс] : Общая информация. – ОДК, 2023. – URL: <https://www.uecrus.com/> (дата обращения: 26.10.2023).
483. Чжунго Ханкун фадунци цзитуань 中国航空发动机集团–集团简介 (Aero Engine Corporation of China – Информация о компании) [Электронный ресурс] : Цзяньцзе 简介 (Общая информация) – AECC, 2023. – URL: <https://www.aecc.cn/> (дата обращения: 31.10.2023).
484. Чжунго Хантянь кэгуан цзитуань юсянь гунсы 中国航天科工集团有限公司 (China Aerospace Science & Industry Corporation) [Электронный ресурс] : Цзяньцзе 简介 (Общая информация) – CASIC, 2023. – URL: <http://www.casic.cn/> (дата обращения: 31.10.2023).
485. Rotax – We get your heart beating [Электронный ресурс] : General information. – BRP Rotax, 2023. – URL: <https://www.rotax.com/> (дата обращения: 31.10.2023).
486. Ужэньцзи ситунцзучэн цзи фэньлэй, ужэньцзи гэчжун дунличжуанчжи лэйсин тэдянь 无人机系统组成及分类,无人机各种动力装置类型特点 (Состав и классификация беспилотных систем, характеристики различных типов силовых установок для беспилотников) [Электронный ресурс] : Бокэ 博客 (Блог) – Elecfans, 2022. – URL: https://www.elecfans.com/application/Military_avionics/2022/1228/1967865.html (дата обращения: 26.10.2023).
487. Pimentel D. A Deep Dive into Rotax LSA Engines [Электронный ресурс] : Blog / FLYING Magazine. – 2022. – URL: <https://www.flyingmag.com/a-deep-dive-into-rotax-lsa-engines/> (дата обращения: 31.10.2023).
488. Rotax Engines – 45 Years in Aviation [Электронный ресурс] : Article / Flightline Weekly. – 2020. – URL: <https://www.flightlineweekly.com/post/2020/03/03/rotax-engines-45-years-in-aviation> (дата обращения: 06.12.2023).
489. Big Producer of Small Engines — Rotax Reaches a Major Production Benchmark [Электронный ресурс] : News / ByDanJohnson. – 2021. – URL: <https://bydanjohnson.com/big-producer-of-small-engines-rotax-reaches-a-major-production-benchmark/> (дата обращения: 06.12.2023).
490. 40 years of Rotax aircraft engines [Электронный ресурс] : News. – BRP Rotax, 2015. – URL: <https://www.rotax.com/detail/id-40-years-of-rotax-aircraft-engines-152.html> (дата обращения: 06.12.2023).
491. GE Aerospace – Home [Электронный ресурс] : General information. – GE Aerospace, 2023. – URL: <https://www.geaerospace.com/> (дата обращения: 26.10.2023).
492. GE Aerospace – Propulsion Hub & Engine Product [Электронный ресурс] : Propulsion. – GE Aerospace, 2023. – URL: <https://www.geaerospace.com/propulsion> (дата обращения: 26.10.2023).

493. GE Introduces New Company to Develop Next Generation Unmanned Traffic Management [Электронный ресурс] : Press Release. – GE, 2018. – URL: <https://www.ge.com/news/press-releases/ge-introduces-new-company-develop-next-generation-unmanned-traffic-management> (дата обращения: 26.10.2023).
494. Important Announcement about AiRXOS [Электронный ресурс] : News / sUAS News. – 2021. – URL: <https://www.suasnews.com/2021/01/important-announcement-about-airxos/> (дата обращения: 26.10.2023).
495. Fenton M. 2023 GE Investor Conference [Электронный ресурс] : Presentation. – GE Aerospace, 2023. – URL: <https://www.ge.com/sites/default/files/2023-ge-investor-conference-presentation.pdf> (дата обращения: 01.12.2023).
496. Kress A. Honeywell's Newest Turbogenerator Will Power Hybrid-Electric Aircraft, Run On Biofuel [Электронный ресурс] : Press Release. – Honeywell, 2021. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/press/2021/03/honeywells-newest-turbogenerator-will-power-hybrid-electric-aircraft-run-on-biofuel> (дата обращения: 26.10.2023).
497. Honeywell – Engines [Электронный ресурс] : Products. – Honeywell, 2023. – URL: <https://aerospace.honeywell.com/us/en/products-and-services/product/hardware-and-systems/engines> (дата обращения: 26.10.2023).
498. Honeywell – Electric & Hybrid-Electric Propulsion [Электронный ресурс] : Hardware and Systems. – Honeywell, 2023. – URL: <https://aerospace.honeywell.com/us/en/products-and-services/product/hardware-and-systems/electric-power/hybrid-electric-electric-propulsion> (дата обращения: 26.10.2023).
499. Rees C. Pratt & Whitney F100 Engine Selected for Hypersonic UAS [Электронный ресурс] : Blog / Unmanned Systems Technology. – 2023. – URL: <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2023/01/pratt-whitney-f100-engine-selected-for-hypersonic-uas/> (дата обращения: 26.10.2023).
500. Pratt & Whitney – Commercial Engines [Электронный ресурс] : Products. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/products/commercial-engines> (дата обращения: 26.10.2023).
501. Pratt & Whitney – Regional Aviation Engines [Электронный ресурс] : Products. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/products/regional-aviation-engines> (дата обращения: 26.10.2023).
502. Pratt & Whitney – Business Aviation Engines [Электронный ресурс] : Products. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/products/business-aviation-engines> (дата обращения: 26.10.2023).
503. Pratt & Whitney – General Aviation Engines [Электронный ресурс] : Products. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/products/general-aviation-engines> (дата обращения: 26.10.2023).
504. Pratt & Whitney – Helicopter Engines [Электронный ресурс] : Products. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/products/helicopter-engines> (дата обращения: 26.10.2023).
505. Pratt & Whitney – Military Engines [Электронный ресурс] : Products. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/products/military-engines> (дата обращения: 26.10.2023).
506. Pratt & Whitney – Fast Facts [Электронный ресурс] : General information. – Pratt & Whitney, 2007. – URL: <https://web.archive.org/web/20070622155349/http://www.pw.utc.com/vgn-ext-templating/v/index.jsp?vgnextrefresh=1&vgnextoid=5a5212cb8c6fb010VgnVCM1000000881000aRCRD> (дата обращения: 27.10.2023).
507. Hermeus Selects Pratt & Whitney F100 Engine as Key Component of Hypersonic Propulsion System [Электронный ресурс] : Press Release. – Hermeus, 2022. – URL: <https://www.hermeus.com/press-release-f100-engine> (дата обращения: 09.11.2023).
508. Rotax Aircraft [Электронный ресурс] : General information. – Rotax Aircraft Engines, 2023. – URL: <https://www.flyrotax.com/p/about-rotax/rotax-aircraft> (дата обращения: 27.10.2023).

509. Rotax – Engines [Электронный ресурс] : General information. – Rotax Aircraft Engines, 2023. – URL: <https://www.flyrotax.com/p/products/engines> (дата обращения: 27.10.2023).
510. Rotax – 912 ULS | S | [Электронный ресурс] : Products. – Rotax Aircraft Engines, 2023. – URL: <https://www.flyrotax.com/ru/products/912-uls-s> (дата обращения: 27.10.2023).
511. Rotax – 914 UL | F [Электронный ресурс] : Products. – Rotax Aircraft Engines, 2023. – URL: <https://www.flyrotax.com/ru/products/914-ul-f> (дата обращения: 27.10.2023).
512. Rotax Engine Found In Iranian Mohajer-6 Drone Downed Over Ukraine [Электронный ресурс] : News / TheDrive. – 2022. – URL: <https://www.thedrive.com/the-war-zone/rotax-engine-found-in-iranian-mohajer-6-drone-downed-over-ukraine> (дата обращения: 09.11.2023).
513. Определена возможность замены авиационных двигателей Rotax и Zanzoterra для беспилотной авиации [Электронный ресурс] : Новости / АвиаПорт. – 2021. – URL: <https://www.aviaport.ru/news/682119/> (дата обращения: 06.12.2023).
514. Определена возможность замены авиационных двигателей Rotax и Zanzoterra для беспилотной авиации [Электронный ресурс] : Новости / Военное. – 2021. – URL: <https://военное.рф/2021/Импортозамещение4/> (дата обращения: 06.12.2023).
515. From «Orion» to «Okhotnik»: the most powerful drone UAVs in Russia [Электронный ресурс] : Military review / TopWar. – 2021. – URL: <https://en.topwar.ru/181202-ot-oriona-do-ohotnika-moschnejshie-udarnye-bpla-rossii.html> (дата обращения: 06.12.2023).
516. UAV Propulsion Tech - Post #11 - UAV Engine Suppliers [Электронный ресурс] : Article / UAV Propulsion Tech. – 2015. – URL: <https://uavpropulsiontech.com/uav-propulsion-tech-post-11-uav-engine-suppliers/> (дата обращения: 06.12.2023).
517. FP propeller - Aircraft and Uav propellers [Электронный ресурс] : General information. – FP Propeller, 2023. – URL: https://www.fp-propeller.com/e_propellers_uav.html (дата обращения: 06.12.2023).
518. Probe irregularities in 5 UAV Rotax engines' purchase: CAG [Электронный ресурс] : Article / Twist Article. – 2020. – URL: <https://twistarticle.com/probe-irregularities-in-5-uav-rotax-engines-purchase-cag/#gsc.tab=0> (дата обращения: 06.12.2023).
519. Patroller MALE Unmanned Aerial Vehicle (UAV) [Электронный ресурс] : Projects. – Airforce Technology, 2011. – URL: <https://www.airforce-technology.com/projects/sagem-patroller/> (дата обращения: 11.12.2023).
520. Safran – Aircraft Engines [Электронный ресурс] : General information. – Safran, 2023. – URL: <https://www.safran-group.com/companies/safran-aircraft-engines> (дата обращения: 27.10.2023).
521. Safran – Essentials [Электронный ресурс] : Report. – Safran, 2019. – URL: <https://www.safran-group.com/media/4395/download> (дата обращения: 27.10.2023).
522. Safran – Profile [Электронный ресурс] : General information. – Safran, 2023. – URL: <https://www.safran-group.com/group/profile> (дата обращения: 27.10.2023).
523. Safran is proud to power the Bell Nexus [Электронный ресурс] : News. – Safran, 2022. – URL: <https://www.safran-group.com/pressroom/safran-proud-power-bell-nexus-2019-01-07-0> (дата обращения: 09.11.2023).
524. Rolls-Royce – AE 3007 [Электронный ресурс] : Products. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/products-and-services/defence/aerospace/uavs/ae-3007.aspx> (дата обращения: 27.10.2023).
525. Rolls-Royce – Aerospace (Defence) [Электронный ресурс] : Products. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/products-and-services/defence/aerospace.aspx> (дата обращения: 27.10.2023).
526. Rolls-Royce – Civil Aerospace [Электронный ресурс] : Products. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/products-and-services/civil-aerospace.aspx> (дата обращения: 27.10.2023).

527. Rolls-Royce – Our Electrical power & propulsion portfolio [Электронный ресурс] : Products. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/products-and-services/electrical/our-electrical-power-and-propulsion-portfolio.aspx> (дата обращения: 27.10.2023).
528. Rolls-Royce – Products & Services [Электронный ресурс] : General information. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/products-and-services.aspx> (дата обращения: 27.10.2023).
529. ОДК – Продукция корпорации [Электронный ресурс] : Продукты и услуги. – ОДК, 2023. – URL: <https://www.uecrus.com/products-and-services/products/> (дата обращения: 26.10.2023).
530. ОДК рассказала на «Технопроме» о больших перспективах гибридных двигателей [Электронный ресурс] : Пресс-релиз. – ОДК, 2023. – URL: <https://www.uecrus.com/press/odk-rasskazala-na-tekhnoprome-o-bolshikh-perspektivakh-gibridnykh-dvigatelye/> (дата обращения: 26.10.2023).
531. Ростех завершил испытания демонстратора вертолетного двигателя ВК-1600В [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2023. – URL: <https://rostec.ru/news/rostekh-zavershil-ispytaniya-demonstratora-vertoletnogo-dvigatelya-vk-1600v-/> (дата обращения: 26.10.2023).
532. Ростех приступил к изготовлению демонстратора гибридной силовой установки мощностью 500 кВт [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2023. – URL: <https://rostec.ru/news/rostekh-pristupil-k-izgotovleniyu-demonstratora-gibridnoy-silovoy-ustanovki-moshchnostyu-500-kvt/> (дата обращения: 26.10.2023).
533. Чжунго Ханкун фадунци цзитуань – цзитуань цзяньцзе 中国航空发动机集团-集团简介 (Aero Engine Corporation of China – Общая информация о компании) [Электронный ресурс] : Цзяньцзе 简介 (Общая информация) – AECC, 2023. – URL: <https://www.aecc.cn/jqgk/jqjg/index.shtml> (дата обращения: 26.10.2023).
534. Чжунго Ханкун фадунци цзитуань – чаньпинь цзешао 中国航空发动机集团-产品介绍 (Aero Engine Corporation of China – Обзор продуктов) [Электронный ресурс] : Чаньпинь 产品 (Продукты) – AECC, 2023. – URL: <https://www.aecc.cn/cpbw/cpgc/index.shtml> (дата обращения: 26.10.2023).
535. Гуаньюй вомэнь – Чжунго Хантянь кэгун цзитуань юсянь гунсы 关于我们-中国航天科工集团有限公司 (О нас – China Aerospace Science & Industry Corporation) [Электронный ресурс] : Цзяньцзе 简介 (Общая информация) – CASIC, 2023. – URL: <http://www.casic.com.cn/n12377374/index.html> (дата обращения: 26.10.2023).
536. Currency Converter: Foreign Exchange Rates for US Dollars [Электронный ресурс] : Currency Converter. – Bank of America, 2023. – URL: <https://www.bankofamerica.com/foreign-exchange/exchange-rates/> (дата обращения: 24.11.2023).
537. Aecc Aviation Power Co.,Ltd (600893) Stock Price [Электронный ресурс] : Overview / MarketScreener. – 2023. – URL: <https://www.marketscreener.com/quote/stock/AECC-AVIATION-POWER-CO-LT-9059412/> (дата обращения: 16.11.2023).
538. China Aerospace Science & Industry | 2023 Global 500 [Электронный ресурс] : Overview. – Fortune, 2023. – URL: <https://fortune.com/company/china-aerospace-science-industry/global500/> (дата обращения: 16.11.2023).
539. Safran reports full-year 2022 results [Электронный ресурс] : Press Release. – Safran, 2023. – URL: <https://www.safran-group.com/pressroom/safran-reports-full-year-2022-results-2023-02-17> (дата обращения: 08.11.2023).
540. Игоревич М.С. Понятие бизнес-модели: сущность, типология и основные принципы построения / М.С. Игоревич, Б.А. Владимирович // Экономика Профессия Бизнес. – 2016. – № 1. – С. 24–30.
541. Lease W. Многогранный лизинг авиадвигателей [Электронный ресурс] : Статья / Авиатранспортное обозрение. – 2019. – URL: <http://www.ato.ru/content/mnogogrannyyu-lizing-aviadvigateley> (дата обращения: 29.11.2023).
542. Лизинг авиадвигателей [Электронный ресурс] : Новости / АвиаПорт. – 2004. – URL: <https://www.aviaport.ru/news/85088/> (дата обращения: 29.11.2023).

543. Заключение договора финансовой аренды (лизинга) двигателей ТВ3-117ВМ, ТВ2-117 и редукторов ВР-8 [Электронный ресурс] : Закупки / КонтурЗакупки. – 2023. – URL: <https://zakupki.kontur.ru/D51435229817190002090000> (дата обращения: 29.11.2023).
544. ОДК-Климов предлагает эксплуатантам вертолетных двигателей контракты жизненного цикла [Электронный ресурс] : Новости. – ОДК УМПО, 2019. – URL: <https://umpro.ru/press-tsentr/news/odk/odk-klimov-predlagaet-ekspluatantam-vertoletnykh-dvigatelye-kontrakty-zhiznennogo-tsikla/> (дата обращения: 29.11.2023).
545. Pozzi J. Honeywell Adds Leasing Option To Parts Trading Platform [Электронный ресурс] : Article / Aviation Week Network. – 2020. – URL: <https://aviationweek.com/mro/honeywell-adds-leasing-option-parts-trading-platform> (дата обращения: 29.11.2023).
546. Guide to financing and investing in engines 2022 [Электронный ресурс] : Magazine. – Airfinance Journal, 2022. – URL: <https://www.airfinancejournal.com/Magazine/Download/206> (дата обращения: 29.11.2023).
547. Bombardier Recreational Products приостанавливает поставки авиадвигателей, используемых на военных дронах [Электронный ресурс] : News / NEWS.am. – 2020. – URL: <https://news.am/rus/news/609869.html> (дата обращения: 23.11.2023).
548. Sevunts L. Bombardier Recreational Products suspends delivery of aircraft engines used on military drones [Электронный ресурс] : News / CBC News. – 2020. – URL: <https://www.cbc.ca/news/politics/turkey-armenia-azerbaijan-drones-bombardier-1.5775350> (дата обращения: 23.11.2023).
549. iRMT | Training courses [Электронный ресурс] : Service. – Rotax Aircraft Engines, 2023. – URL: <https://www.flyrotax.com/p/service/training> (дата обращения: 30.11.2023).
550. Customer Technical Education Center Maintenance Training Catalog [Электронный ресурс] : Catalog. – GE Aerospace, 2023. – URL: <https://www.geaerospace.com/sites/default/files/ctec-training-catalog-commercial.pdf> (дата обращения: 30.11.2023).
551. EASA Engine Course – Pratt & Whitney PW4168 (A330) [Электронный ресурс] : Courses. – Gulf Aviation Academy, 2023. – URL: https://gaa.aero/en/courses_category/engine-course-pratt-whitney-pw4168-a330-b2/ (дата обращения: 30.11.2023).
552. Соболев Л.Б. Горизонтальная интеграция или конгломерация? / Л.Б. Соболев // Экономический анализ: теория и практика. – 2015. – № 24 (423). – С. 2-11.
553. Соболев Л.Б. Конкуренция и сотрудничество в мировом авиадвигателестроении / Л.Б. Соболев // Экономический анализ: теория и практика. – 2015. – № 47. – С. 2-9.
554. Лопаткин Р. Автореферат на тему «Разработка бизнес-модели предприятий гражданской авиационной отрасли в рамках интеграции корпоративных стратегий и проектов» / Р. Лопаткин. – ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы» (РУДН), 2019. – 25 с.
555. 10 Examples of Aerospace Business Model Transformation [Электронный ресурс] : General information / Digital Transformation Skills. – 2023. – URL: <https://digitaltransformationskills.com/aerospace-business-model-transformation/> (дата обращения: 28.11.2023).
556. Majaski C. Mergers and Acquisitions: What's the Difference? [Электронный ресурс] : Overview. – Investopedia, 2021. – URL: <https://www.investopedia.com/ask/answers/021815/what-difference-between-merger-and-acquisition.asp> (дата обращения: 10.11.2023).
557. Rolls-Royce acquires yacht bridge and automation specialist Team Italia [Электронный ресурс] : News & Insights. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/media/our-stories/discover/2023/rr-acquires-yacht-bridge-and-automation-specialist-team-italia.aspx> (дата обращения: 08.11.2023).
558. Thales – Building a future we can all trust [Электронный ресурс] : General information. – Thales Group, 2023. – URL: <https://www.thalesgroup.com/en> (дата обращения: 08.11.2023).
559. Safran acquires Thales' aeronautical electrical systems activities [Электронный ресурс] : Press Release. – Safran, 2023. – URL: <https://www.safran-group.com/pressroom/safran-acquires-thales->

- aeronautical-electrical-systems-activities-2023-10-02 (дата обращения: 08.11.2023).
560. Kongsberg Automotive [Электронный ресурс] : General information. – Kongsberg Automotive, 2023. – URL: <http://www.kongsbergautomotive.com/> (дата обращения: 08.11.2023).
561. BRP completes the acquisition of the Shawinigan operations of Kongsberg Inc. [Электронный ресурс] : News. – BRP, 2022. – URL: <https://news.brp.com/news-releases/news-release-details/brp-completes-acquisition-shawinigan-operations-kongsberg-inc/> (дата обращения: 15.11.2023).
562. Rolls-Royce acquires Kinolt [Электронный ресурс] : Stories. – MTU Solutions, 2020. – URL: <https://www.mtu-solutions.com/au/en/stories/power-generation/rolls-royce-acquires-kinolt.html> (дата обращения: 15.11.2023).
563. Electric Flight [Электронный ресурс] : Press Release. – Siemens, 2019. – URL: <https://press.siemens.com/global/en/feature/electric-flight> (дата обращения: 24.11.2023).
564. Siemens sells electric aircraft-propulsion business to Rolls-Royce [Электронный ресурс] : Press Release. – Siemens, 2019. – URL: <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-sells-electric-aircraft-propulsion-business-rolls-royce> (дата обращения: 24.11.2023).
565. H3PS [Электронный ресурс] : General information. – H3PS, 2023. – URL: <https://h3ps.eu/> (дата обращения: 27.11.2023).
566. “Spirit of Innovation” stakes claim to be the world’s fastest all-electric vehicle [Электронный ресурс] : News & Insights. – Rolls-Royce, 2021. – URL: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2021/19-11-2021-spirit-of-innovation-stakes-claim-to-be-the-worlds-fastest-all-electric-vehicle.aspx> (дата обращения: 01.12.2023).
567. Rolls-Royce Electrical – A year on from acquiring Siemens eAircraft [Электронный ресурс] : News & Insights. – Rolls-Royce, 2020. – URL: <https://www.rolls-royce.com/media/our-stories/discover/2020/rr-electrical-a-year-on-from-acquiring-siemens-eaircraft.aspx> (дата обращения: 01.12.2023).
568. CFM International – Homepage [Электронный ресурс] : General information. – CFM International, 2023. – URL: <https://www.cfmaeroengines.com/> (дата обращения: 08.11.2023).
569. Airbus and CFM International to pioneer hydrogen combustion technology [Электронный ресурс] : News. – Airbus, 2022. – URL: <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2022-02-airbus-and-cfm-international-to-pioneer-hydrogen-combustion> (дата обращения: 08.11.2023).
570. easyJet [Электронный ресурс] : General information. – easyJet, 2023. – URL: <https://www.easyjet.com/> (дата обращения: 09.11.2023).
571. Race To Zero Campaign [Электронный ресурс] : General information. – UNFCCC, 2023. – URL: <https://unfccc.int/climate-action/race-to-zero-campaign> (дата обращения: 09.11.2023).
572. Brothers E. Rolls-Royce, easyJet partner for H2ZERO [Электронный ресурс] : News / Aerospace Manufacturing and Design. – 2022. – URL: <https://www.aerospacemanufacturinganddesign.com/news/rolls-royce-easyjet-partner-h2zero/> (дата обращения: 09.11.2023).
573. High Power, High Scalability, Hybrid Powertrain [Электронный ресурс] : News & Insights. – Rolls-Royce, 2020. – URL: <https://www.rolls-royce.com/media/our-stories/discover/2020/high-power-high-scalability-hybrid-powertrain-h3ps.aspx> (дата обращения: 27.11.2023).
574. Mavilio S. Tecnam P2010 H3PS Hybrid Aircraft Takes to the Skies for the First Time – A Milestone in Green Aviation [Электронный ресурс] : Article – Tecnam Aircraft, 2022. – URL: <https://tecnam.com/tecnam-p2010-h3ps-hybrid-aircraft-takes-to-the-skies-for-the-first-time-a-milestone-in-green-aviation/> (дата обращения: 27.11.2023).
575. P2010 170HP Diesel by Tecnam: Single Engine Diesel Plane for Sale [Электронный ресурс] : General information. – Tecnam, 2023. – URL: <https://tecnam.com/aircraft/p2010-tdi/> (дата обращения: 05.12.2023).
576. Phelps M. Tecnam Addresses Creature Comfort With “Gran Lusso” Edition P2010 [Электронный ресурс] : News / AVweb. – 2022. – URL: <https://www.avweb.com/aviation-news/tecnam-addresses-creature-comfort-with-gran-lusso-edition-p2010/>

- comfort-with-gran-lusso-edition-p2010/ (дата обращения: 01.12.2023).
577. The Gran Lusso [Электронный ресурс] : General information. – Tecnam Aircraft, 2023. – URL: <https://tecnam.com/aircraft/the-gran-lusso/> (дата обращения: 01.12.2023).
578. International Aero Engines [Электронный ресурс] : General information. – International Aero Engines, 2023. – URL: <https://links.prattwhitney.com/i-a-e/index.html> (дата обращения: 08.11.2023).
579. MTU Aero Engines – Germany’s leading engine manufacturer [Электронный ресурс] : General information. – MTU Aero Engines, 2023. – URL: <https://www.mtu.de/> (дата обращения: 09.11.2023).
580. IAE celebrates 40 years and V2500 development [Электронный ресурс] : Article / Air & Cosmos. – 2023. – URL: <https://aircosmosinternational.com/article/iae-celebrates-40-years-and-v2500-development-3670> (дата обращения: 08.11.2023).
581. National Renewable Energy Laboratory (NREL) [Электронный ресурс] : General information. – NREL, 2023. – URL: <https://www.nrel.gov/> (дата обращения: 09.11.2023).
582. Bailey M. Honeywell announces DOE collaboration to develop hydrogen solutions for UAVs [Электронный ресурс] : News / Chemical Engineering. – 2023. – URL: <https://www.chemengonline.com/honeywell-announces-doe-collaboration-to-develop-hydrogen-solutions-for-uavs/> (дата обращения: 09.11.2023).
583. Headland N. Honeywell Aerospace and NREL Partner To Scale Novel Hydrogen Fuel Storage Solution for Drones [Электронный ресурс] : News. – NREL, 2023. – URL: <https://www.nrel.gov/news/program/2023/honeywell-aerospace-and-nrel-partner-to-scale-novel-hydrogen-fuel-storage-solution-for-drones.html> (дата обращения: 09.11.2023).
584. Engine Alliance – Home [Электронный ресурс] : General information. – Engine Alliance, 2023. – URL: <https://enginealliance.com/> (дата обращения: 08.11.2023).
585. MTU Maintenance Lease Services [Электронный ресурс] : General information. – MTU Aero Engines, 2023. – URL: <https://www.mtu.de/about-us/mtu-worldwide/mtu-maintenance-lease-services/> (дата обращения: 09.11.2023).
586. Tirone L. Engine Alliance and MTU Maintenance Lease Services announce strategic partnership for management of GP Lease Pool Assets [Электронный ресурс] : News. – Engine Alliance, 2023. – URL: <https://enginealliance.com/news/engine-alliance-and-mtu-maintenance-lease-services-announce-strategic-partnership-for-management-of-gp-lease-pool-assets/> (дата обращения: 08.11.2023).
587. Ростех будет сотрудничать с Китаем на земле, в воздухе и в космосе [Электронный ресурс] : Пресс-релиз. – Ростех, 2014. – URL: https://rostec.ru/content/files/press-rel/press-release_China_results.pdf (дата обращения: 09.11.2023).
588. Первые испытания «сердца» ПД-35 превзошли ожидания [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2023. – URL: <https://rostec.ru/news/pervye-ispytaniya-serdtsa-pd-35-prevzoshli-ozhidaniya-/> (дата обращения: 10.11.2023).
589. Ростех и китайская АЕСС CAE разработают двигатель для нового авиалайнера [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2017. – URL: <https://rostec.ru/news/4521179/> (дата обращения: 09.11.2023).
590. Двигатель ПД-35: большая тяга к небу [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2023. – URL: <https://rostec.ru/news/dvigatel-pd-35-bolshaya-tyaga-k-nebu/> (дата обращения: 10.11.2023).
591. Федеральный закон от 25.02.1999 N 39-ФЗ (ред. от 28.12.2022) «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений» [Электронный ресурс] : Документ. – Консультант Плюс, 2022. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22142/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/ (дата обращения: 08.11.2023).
592. Rolls-Royce to test innovative fuel-efficient UltraFan engine [Электронный ресурс] : News / bluebiz. – 2022. – URL: <https://www.bluebiz.com/ru/sustainability/innovation-hub/news/rolls-royce-to-test-innovative-fuel-efficient-ultrafan-engine/> (дата обращения: 23.11.2023).

593. Rolls-Royce Rolls Out The World's Biggest Commercial Engine [Электронный ресурс] : Article / Aviation Week Network. – 2023. – URL: <https://aviationweek.com/air-transport/rolls-royce-rolls-out-worlds-biggest-commercial-engine> (дата обращения: 23.11.2023).
594. UltraFan [Электронный ресурс] : General information. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/innovation/ultrafan.aspx> (дата обращения: 23.11.2023).
595. UltraFan: Fact Sheet [Электронный ресурс] : Overview. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/-/media/Files/R/Rolls-Royce/documents/innovation/ultrafan-fact-sheet.pdf> (дата обращения: 23.11.2023).
596. Rolls-Royce announces successful run of UltraFan technology demonstrator to maximum power [Электронный ресурс] : News & Insights. – Rolls-Royce, 2020. – URL: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2023/13-11-2023-rolls-royce-announces-successful-run-of-ultrafan-technology-demonstrator-to-maximum-power.aspx> (дата обращения: 01.12.2023).
597. Kadidal A. Chinese WS20 engine likely entering operational service [Электронный ресурс] : News / Janes. – 2023. – URL: <https://www.janes.com/defence-news/news-detail/chinese-ws20-engine-likely-entering-operational-service> (дата обращения: 23.11.2023).
598. Chen C. China Seeks Superalloys, Supply Chain Boost For Military Engines [Электронный ресурс] : Article / Aviation Week Network. – 2023. – URL: <https://aviationweek.com/defense-space/supply-chain/china-seeks-superalloys-supply-chain-boost-military-engines> (дата обращения: 23.11.2023).
599. Kadam T. Inspired By US Tech & Powered By Russian Engines, China “Unveils” Y-20B Aircraft With Indigenous WS-20 Engines [Электронный ресурс] : Article / The Euroasian Times. – 2023. – URL: <https://www.eurasiantimes.com/inspired-by-us-tech-powered-by-russian-engines-china-unveils-y-20b-aircraft-with-indigenous-ws-20-engines/> (дата обращения: 23.11.2023).
600. Ростех в 2023 году изготовит четыре опытных двигателя для самолета «Ладоба» [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2023. – URL: <https://rostec.ru/news/rostekh-v-2023-godu-izgotovit-chetyre-opytnykh-dvigatelya-dlya-samoleta-ladoba/> (дата обращения: 23.11.2023).
601. Сердце «Ладоба»: двигатель для нового российского самолета [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2023. – URL: <https://rostec.ru/news/serdtse-ladogi-dvigatel-dlya-novogo-rossiyskogo-samoleta/> (дата обращения: 23.11.2023).
602. Двигатель ТВ7-117СТ-02 [Электронный ресурс] : Общая информация. – ОДК, 2023. – URL: <https://www.uecrus.com/products-and-services/products/grazhdanskaya-i-transportnaya-aviatsiya/tv7-117st-02/> (дата обращения: 01.12.2023).
603. Advanced Electric Propulsion System (AEPS) [Электронный ресурс] : Projects. – ARPA-E, 2021. – URL: <http://arpa-e.energy.gov/technologies/projects/advanced-electric-propulsion-system-aeps> (дата обращения: 23.11.2023).
604. Salam A. AEPS: Advanced Electric Propulsion System [Электронный ресурс] : Presentation. – ARPA-E, 2021. – URL: https://arpa-e.energy.gov/sites/default/files/2021-03/07_Arif_ARPA-E_AS-CEND_HON_UMD-AEP_J_public.pdf (дата обращения: 23.11.2023).
605. F135 Engine Core Upgrade [Электронный ресурс] : Products. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/products/military-engines/f135/engine-core-upgrade> (дата обращения: 23.11.2023).
606. Pratt & Whitney on track to complete F135 Engine Core Upgrade preliminary design review and move into detailed design phase in early 2024 [Электронный ресурс] : News. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/newsroom/news/2023/06/19/pratt-whitney-on-track-to-complete-f135-engine-core-upgrade-preliminary-design> (дата обращения: 23.11.2023).
607. Тирпак J. Pratt Says F135 Upgrade for F-35 Would Save \$40 Billion over New Adaptive Engines [Электронный ресурс] : Article / Air & Space Forces Magazine. – 2023. – URL: <https://www.airandspaceforces.com/pratt-f135-upgrade-f-35-save-40-billion-over-new-adaptive-engines/> (дата обращения: 23.11.2023).

608. Army Research Laboratory awards GE \$5.1 million contract to advance hybrid electric engine technology [Электронный ресурс] : Press Release. – GE Aerospace, 2022. – URL: <https://www.geaerospace.com/press-release/military-engines/army-research-laboratory-awards-ge-51-million-contract-advance> (дата обращения: 23.11.2023).
609. Malewar A. GE's hybrid-electric propulsion systems to power U.S. Army's future flights - Inceptive Mind [Электронный ресурс] : Article. – Inceptive Mind, 2022. – URL: <https://www.inceptivemind.com/ge-hybrid-electric-propulsion-systems-power-us-army-future-flights/24053/> (дата обращения: 24.11.2023).
610. ENGRT: EU Next Generation Rotorcraft Technologies Project [Электронный ресурс] : General information. – Indra, 2023. – URL: <https://www.indracompany.com/en/indra/engrt-next-generation-rotorcraft-technologies-project> (дата обращения: 23.11.2023).
611. ENGRT: EU Next Generation Rotorcraft Technologies Project [Электронный ресурс] : General information / Edrin. – 2021. – URL: https://edrin.org/fileadmin/media/Factsheet_EDF21_ENGRT.pdf.
612. Safran and MTU Aero Engines team up to pave the way for a European engine in view of the next-generation military helicopter [Электронный ресурс] : Press Release. – Safran, 2023. – URL: <https://www.safran-group.com/pressroom/safran-and-mtu-aero-engines-team-pave-way-european-engine-view-next-generation-military-helicopter-2023-06-20> (дата обращения: 23.11.2023).
613. Singh R. GE Aerospace-HAL jet engine deal to ensure 80% technology transfer to India [Электронный ресурс] : News. – Hindustan Times, 2023. – URL: <https://www.hindustantimes.com/india-news/ge-aerospace-to-transfer-80-technology-to-india-in-deal-with-hal-to-produce-fighter-jet-engines-for-tejas-mk2-101687549025957.html> (дата обращения: 23.11.2023).
614. Singh D. GE-HAL deal to co-produce 99 jet engines to cost less than \$1 billion - The Hindu BusinessLine [Электронный ресурс] : News / The Hindu Business Line. – 2023. – URL: <https://www.thehindubusinessline.com/companies/ge-hal-deal-to-co-produce-99-jet-engines-to-cost-less-than-1-billion/article67001904.ece> (дата обращения: 23.11.2023).
615. Rajesh Y. Why GE plan to make fighter jet engines in India is a big deal [Электронный ресурс] : Article / Reuters. – 2023. – URL: <https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/why-ge-plan-make-fighter-jet-engines-india-is-big-deal-2023-06-22/> (дата обращения: 23.11.2023).
616. Hermeus Selects P&W F100 Engine As Key Component of Hyperson [Электронный ресурс] : News / ASD News. – 2022. – URL: <https://www.asdnews.com/news/defense/2022/12/23/hermeus-selects-pw-f100-engine-as-key-component-hypersonic-propulsion-system> (дата обращения: 24.11.2023).
617. HEAVEN Project: Hydrogen Engine Architecture Virtually Engineered Novelty [Электронный ресурс] : Overview. – CORDIS | European Commission, 2023. – URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/101102004> (дата обращения: 23.11.2023).
618. Teamwork to test if the hydrogen dream works [Электронный ресурс] : News & Insights. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/media/our-stories/discover/2023/teamwork-to-test-if-the-hydrogen-dream-works.aspx> (дата обращения: 23.11.2023).
619. Rolls-Royce awarded £82.8M for 3 projects advancing liquid hydrogen jet engines [Электронный ресурс] : News / Green Car Congress. – 2023. – URL: <https://www.greencarcongress.com/2023/02/20230207-rr.html> (дата обращения: 23.11.2023).
620. RACHEL – Robustly Achievable Combustion of Hydrogen Engine Layout [Электронный ресурс] : General information. – UK Research and Innovation, 2023. – URL: <https://gtr.ukri.org/projects?ref=10039810> (дата обращения: 24.11.2023).
621. HYEST – Hydrogen Engine System Technologies [Электронный ресурс] : General information. – UK Research and Innovation, 2023. – URL: <https://gtr.ukri.org/projects?ref=10039813> (дата обращения: 23.11.2023).
622. LH2GT [Электронный ресурс] : General information. – UK Research and Innovation, 2023. – URL: <https://gtr.ukri.org/projects?ref=10039770> (дата обращения: 24.11.2023).

623. Lockheed Martin – Leading Aerospace and Defense [Электронный ресурс] : General information. – Lockheed Martin, 2023. – URL: <https://www.lockheedmartin.com/> (дата обращения: 24.11.2023).
624. Skunk Works Reveals SR-71 Successor Plan [Электронный ресурс] : Article / Aviation Week Network. – 2013. – URL: <https://web.archive.org/web/20150330042623/http://aviationweek.com/defense/skunk-works-reveals-sr-71-successor-plan> (дата обращения: 24.11.2023).
625. D'Urso S. Lockheed Martin Teases Next Generation Aircraft Design Again [Электронный ресурс] : News / The Aviationist. – 2023. – URL: <https://theaviationist.com/2023/11/21/lm-new-ngad-video/> (дата обращения: 24.11.2023).
626. Parsons D. NASA launches study for Skunk Works SR-72 concept [Электронный ресурс] : Article / Flight Global – 2014. – URL: <https://www.flightglobal.com/nasa-launches-study-for-skunk-works-sr-72-concept/115443.article> (дата обращения: 24.11.2023).
627. Lockheed Martin представила проект нового гиперзвукового самолета SR-72, который будет развивать скорость более 6000 км/ч и придет на смену легендарному SR-71 Blackbird, развивавшему скорость до 3500 км/ч [Электронный ресурс] : Новости. – CompMechLab, 2014. – URL: <http://fea.ru/news/5829> (дата обращения: 24.11.2023).
628. Osborn K. Massive Breakthrough: Manned & Unmanned SR-72 “Hypersonic” Spy Plane by 2025 [Электронный ресурс] : Article / Warrior Maven. – 2023. – URL: <https://wariormaven.com/air/massive-breakthrough-manned-unmanned-sr-72-hypersonic-spy-plane-by-2025> (дата обращения: 24.11.2023).
629. Баев Г. Зимняя школа, Фабрики Будущего и инженерный спецназ [Электронный ресурс] : Статья / ЦУП. – 2018. – URL: <https://cup-russia.ru/2018/03/spspu/> (дата обращения: 27.11.2023).
630. «Настоящий разговор»: двигатель – это «сердце» самолета [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2021. – URL: <https://rostec.ru/news/nastoyashchiy-razgovor-dvigatel-eto-serdtse-samoleta/> (дата обращения: 27.11.2023).
631. Генеральный директор ЦИАМ рассказал о цифровизации в авиадвигателестроительной науке [Электронный ресурс] : Новости / АвиаПорт. – 2020. – URL: <https://www.aviaport.ru/news/659817/> (дата обращения: 27.11.2023).
632. Ивантер А. Михаил Гордин: «Научно-техническую мысль невозможно остановить» [Электронный ресурс] : Статья / Kiozk. – 2021. – URL: <https://kiozk.ru/article/ekspert/mihail-gordin-nauchno-tehnicheskuyu-mysl-nevozmozno-ostanovit> (дата обращения: 27.11.2023).
633. Вадим Бадеха: «Нет ничего более технически интересного, чем авиационный двигатель» [Электронный ресурс] : Новости / Союз Авиапроизводителей России. – 2023. – URL: <https://aviationunion.ru/media/news/26976/> (дата обращения: 27.11.2023).
634. Сычев В. В крупнейшем в мире авиадвигателе нашли конструкторский просчет [Электронный ресурс] : Новости / Nplus1. – 2018. – URL: <https://nplus1.ru/news/2018/02/03/issue> (дата обращения: 27.11.2023).
635. Американский двигателестроитель отзывает 1200 новейших авиационных двигателей PW1100G [Электронный ресурс] : Статья / Авиатранспортное обозрение. – 2023. – URL: <http://www.ato.ru/content/amerikanskiy-dvigatlestroitel-otzyvaet-1200-noveyshih-aviacionnyh-dvigatelay-pw1100g> (дата обращения: 27.11.2023).
636. Singh R. Airlines brace for hit from Pratt & Whitney's new engine problem [Электронный ресурс] : Article / Reuters. – 2023. – URL: <https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/airlines-brace-hit-pratt-whitneys-new-engine-problem-2023-07-26/> (дата обращения: 27.11.2023).
637. Dowling H. FAA, Boeing issue warnings over PW4000 engines after two major failures [Электронный ресурс] : News / The World of Aviation. – 2021. – URL: <https://worldofaviation.com/2021/02/faa-boeing-issue-warnings-over-pw4000-engines-after-two-major-failures/> (дата обращения: 26.11.2023).
638. Vera A. Engine on United Airlines flight was showing signs of metal fatigue, NTSB says [Электронный ресурс] : News / CNN. – 2021. – URL: <https://edition.cnn.com/2021/02/22/us/boeing-aircraft-engine->

- fail-monday/index.html (дата обращения: 26.11.2023).
639. Компании и страны приостанавливают эксплуатацию самолетов с двигателями PW4000 [Электронный ресурс] : Новости / Aeroflap. – 2021. – URL: <https://www.aeroflap.com.br/ru/компании-и-страны-приостанавливают-эксплуатацию-самолетов-с-двигателями-pw4000/> (дата обращения: 26.11.2023).
640. Сроки разработки авиадвигателя ПД-35 перенесут «на пару лет» [Электронный ресурс] : Новости / РБК. – 2022. – URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/6389a9ef9a79474ef6971d62> (дата обращения: 26.11.2023).
641. Бочкарев А. Rotax прекратит производство авиадвигателей 582 UL к концу 2021 года [Электронный ресурс] : Новости / Новости грузовой авиации. – 2021. – URL: <https://aircargonews.ru/2021/08/02/rotax-prekratit-proizvodstvo-aviadvigatelj-582-ul-k-koncu-2021-goda.html> (дата обращения: 26.11.2023).
642. AirXOS to stop operations in February [Электронный ресурс] : News / Unmanned airspace. – 2021. – URL: <https://www.unmannedairspace.info/latest-news-and-information/airxos-to-stop-operations-in-february-suas-news/> (дата обращения: 26.11.2023).
643. Arlock C. GE Aviation Seeks Buyers For Airxos Unmanned Traffic Management Unit [Электронный ресурс] : News / FutureFlight. – 2021. – URL: <https://www.futureflight.aero/news-article/2021-01-12/ge-aviation-seeks-buyers-airxos-unmanned-traffic-management-unit> (дата обращения: 26.11.2023).
644. AiRXOS Launches Unmanned Aircraft Systems Solution for Energy Industry [Электронный ресурс] : Press Release. – GE Aerospace, 2020. – URL: <https://www.geaerospace.com/press-release/systems/airxos-launches-unmanned-aircraft-systems-solution-energy-industry> (дата обращения: 26.11.2023).
645. Army announces Future Long Range Assault Aircraft contract award [Электронный ресурс] : Article / The United States Army. – 2022. – URL: <https://www.army.mil/article/262523> (дата обращения: 26.11.2023).
646. Neumann N. Honeywell to power DEFIANT X [Электронный ресурс] : Article / Airforce Technology. – 2022. – URL: <https://www.airforce-technology.com/features/defiant-x-honeywell-lockheed-martin-boeing/> (дата обращения: 26.11.2023).
647. T64-GE-419 engines to power Bell V-280 Valor Demonstrator [Электронный ресурс] : Press Release. – GE Aerospace, 2014. – URL: <https://www.geaerospace.com/press-release/military-engines/t64-ge-419-engines-power-bell-v-280-valor-demonstrator> (дата обращения: 26.11.2023).
648. Bell Picks Rolls-Royce Engine for V-280 Valor in Army Black Hawk Replacement Contest [Электронный ресурс] : Article / Defense One. – 2023. – URL: <https://www.defenseone.com/business/2021/10/bell-picks-rolls-royce-engine-v-280-valor-army-black-hawk-replacement-contest/185953/> (дата обращения: 26.11.2023).
649. Босерман М. Двигатель для конвертоплана Bell V-280 Valor. Технология Infrared Suppressor [Электронный ресурс] : Новости / Наука и Техника. – 2020. – URL: <https://naukatehnika.com/dvigatel-dlya-konvertoplana-v-280-valor.html> (дата обращения: 26.11.2023).
650. Muradian V. Rolls-Royce's AE1107F Engine for Bell's V-280 Valor Tiltrotor [Электронный ресурс] : News / Defense & Aerospace Report. – 2021. – URL: <https://defaeroreport.com/2021/10/14/rolls-royces-ae1107f-engine-for-bells-v-280-valor-tiltrotor/> (дата обращения: 26.11.2023).
651. Textron`s Bell V-280 valor chosen as new U.S. Army long-range assault aircraft [Электронный ресурс] : News / Bell. – 2022. – URL: <https://news.bellflight.com/en-US/220998-textron-s-bell-v-280-valor-chosen-as-new-u-s-army-long-range-assault-aircraft> (дата обращения: 24.11.2023).
652. US Army selects Bell V-280 Valor as next-generation assault aircraft [Электронный ресурс] : Article / Army Technology. – 2022. – URL: <https://www.army-technology.com/news/us-army-selects-bell-v280/> (дата обращения: 24.11.2023).
653. Sikorsky files protest against US Army's FLRAA contract decision [Электронный ресурс] : Article / Army

- Technology. – 2022. – URL: <https://www.army-technology.com/news/sikorsky-protest-us-armys-flraa/> (дата обращения: 24.11.2023).
654. GAO Statement on Protest of Sikorsky Aircraft Corporation, B-421359, B-421359.2 [Электронный ресурс] : Press Release. – U.S. GAO, 2023. – URL: <https://www.gao.gov/press-release/gao-statement-protest-sikorsky-aircraft-corporation%2C-b-421359%2C-b-421359.2> (дата обращения: 24.11.2023).
655. Китай ввел ограничения на экспорт некоторых дронов и комплектующих к БПЛА [Электронный ресурс] : Новости / РИА Новости. – 2023. – URL: <https://ria.ru/20230901/kitay-1893531972.html> (дата обращения: 24.11.2023).
656. Китай ограничит экспорт дронов [Электронный ресурс] : Новости / РБК. – 2023. – URL: <https://www.rbc.ru/economics/31/07/2023/64c7fc5a9a79472060f3794e> (дата обращения: 24.11.2023).
657. Источник сообщил о прекращении обслуживания компанией PowerJet двигателей для SSJ100 [Электронный ресурс] : Новости / Интерфакс. – 2022. – URL: <https://www.interfax.ru/business/832211> (дата обращения: 24.11.2023).
658. Глава ОАК: замена двигателей SaM146 в SSJ 100 на отечественные стоит очень дорого [Электронный ресурс] : Новости / BFM.ru. – 2023. – URL: <https://www.bfm.ru/news/518761> (дата обращения: 23.11.2023).
659. Россия смогла наладить выпуск основных запчастей для двигателя SaM146 [Электронный ресурс] : Новости / Хорошие Новости России. – 2023. – URL: <http://rus.vrw.ru/page/rossija-smogla-naladit-vypusk-osnovnyh-zapchastej-dlja-dvigatelja-sam146> (дата обращения: 23.11.2023).
660. Мингазов С. Авиакомпании попросили назначить ответственного за французские двигатели SSJ 100 [Электронный ресурс] : Новости / Forbes. – 2023. – URL: <https://www.forbes.ru/biznes/487631-aviakompanii-poprosili-otdat-odk-otvetstvennost-za-francuzskie-dvigateli-ssj-100> (дата обращения: 23.11.2023).
661. Исполнение федерального бюджета и бюджетов бюджетной системы Российской Федерации за 2022 год [Электронный ресурс] : Отчет. – Министерство финансов Российской Федерации, 2023. – URL: https://minfin.gov.ru/common/upload/library/2023/04/main/ispolnenie_federalnogo_budzheta_predvaritelnye_itogi.pdf (дата обращения: 23.11.2023).
662. Импортзамещенный SJ-100 совершил полет на франко-российских двигателях [Электронный ресурс] : Новости / РБК. – 2023. – URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/29/08/2023/64ed69fd9a79477f51bd21e8 (дата обращения: 23.11.2023).
663. Заквасин А. «Не зависеть от западных технологий»: как продвигается разработка новейшего российского авиадвигателя ПД-8 [Электронный ресурс] : Статья / РТ на русском. – 2022. – URL: <https://russian.rt.com/russia/article/1001437-noveishii-dvigatel-importozameschenie> (дата обращения: 23.11.2023).
664. Hunnicutt T. Exclusive: US set to allow GE to make engines in India for New Delhi's military jets [Электронный ресурс] : Article / Reuters. – 2023. – URL: <https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/us-set-allow-ge-make-engines-india-new-delhis-military-jets-2023-05-31/> (дата обращения: 23.11.2023).
665. «Хроническая проблема» Турции с разработкой собственных двигателей [Электронный ресурс] : Новости / bmpd LiveJournal. – 2020. – URL: <https://bmpd.livejournal.com/4074012.html> (дата обращения: 23.11.2023).
666. США передадут Индии технологии производства реактивных двигателей [Электронный ресурс] : Новости / МК.ru. – 2023. – URL: <https://www.mk.ru/politics/2023/06/11/ssha-peredadut-indii-tekhnologii-proizvodstva-reaktivnykh-dvigatelay.html> (дата обращения: 23.11.2023).
667. Поворот не туда: увеличение сложности и стоимости БПЛА как тупиковый путь развития этого типа вооружений [Электронный ресурс] : Статья / TopWar. – 2023. – URL: <https://topwar.ru/228855->

- povorot-ne-tuda-velichenie-slozhnosti-i-stoimosti-bpla-kak-tupikovyj-put-razvitija-jetogo-tipa-vooruzhenij.html (дата обращения: 22.11.2023).
668. Shahed 136: Характеристики иранского дрона-камикадзе [Электронный ресурс] : Обзор / TopWar. – 2022. – URL: <https://topwar.ru/204014-shahed-136-harakteristiki-iranskogo-drona-kamikadze-i-ego-otlichija-ot-rossijskoj-gerani-2.html> (дата обращения: 22.11.2023).
669. Ахметов Ю.М. Специфика технологии производства двигателей одноразового использования / Ю.М. Ахметов, С.С. Гумеров. – 2016. – Т. 20. – № 1 (71). – С. 54-61.
670. Фаворский О.Н. Развитию авиационного двигателестроения может способствовать создание высокоэффективных энергоустановок малой мощности / О.Н. Фаворский, А.И. Ланшин, В.И. Солонин // Авиационные двигатели. – 2022. – № 3 (16). – С. 51-58.
671. Двухтактный двигатель RU2230206C2 [Электронный ресурс] : Патенты. – Росстип, 2023. – URL: <https://rosstip.ru/patents/289346-dvukhtaktnyj-dvigatel> (дата обращения: 13.12.2023).
672. Hydrogen Takes Flight: Airbus and CFM International To Partner On Hydrogen-Fueled Demonstration [Электронный ресурс] : News. – GE Aerospace, 2023. – URL: <https://blog.geaerospace.com/sustainability/hydrogen-takes-flight-airbus-and-cfm-international-to-partner-on-hydrogen-fueled-demonstration/> (дата обращения: 04.12.2023).
673. GE Aerospace Fuels Expert: SAF is Here to Stay [Электронный ресурс] : News. – GE Aerospace, 2023. – URL: <https://blog.geaerospace.com/sustainability/ge-aerospace-fuels-expert-saf-is-here-to-stay/> (дата обращения: 04.12.2023).
674. Sustainable Aviation Fuel (SAF) Production: What's Next [Электронный ресурс] : News. – Honeywell, 2023. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/news/2022/11/sustainable-aviation-fuel-saf-production-whats-next> (дата обращения: 04.12.2023).
675. Ecofining™ [Электронный ресурс] : General information. – Honeywell, 2023. – URL: <https://uop.honeywell.com/en/industry-solutions/renewable-fuels/ecofining> (дата обращения: 04.12.2023).
676. UK hydrogen alliance established to accelerate zero carbon aviation and bring an £34bn* annual benefit to the country [Электронный ресурс] : News. – Airbus, 2023. – URL: <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2023-09-uk-hydrogen-alliance-established-to-accelerate-zero-carbon-aviation> (дата обращения: 04.12.2023).
677. Sustainable Aviation Fuel (SAF) [Электронный ресурс] : Programs. – IATA, 2023. – URL: <https://www.iata.org/en/programs/environment/sustainable-aviation-fuels/> (дата обращения: 04.12.2023).
678. Rolls-Royce Technology for Future Aircraft Engines [Электронный ресурс] : Presentation. – Rolls-Royce, 2023. – URL: https://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/dglr/hh/text_2014_03_20_EnginesTechnology.pdf (дата обращения: 04.12.2023).
679. Safran Runs Helicopter Engine Using 'Cooking Oil' Fuel [Электронный ресурс] : News / DefenseMirror.com. – 2023. – URL: https://www.defensemirror.com/news/29956/Safran_Runs_Helicopter_Engine_Using___Cooking_Oil___Fuel (дата обращения: 04.12.2023).
680. В Pratt & Whitney успешно испытали авиационный двигатель PW1000G в версии GTF Advantage, работающего на эко-топливе [Электронный ресурс] : Новости / Дзен. – 2023. – URL: <https://dzen.ru/a/YJR4r0dbKUf8RHmj> (дата обращения: 04.12.2023).
681. Cleaner Fuel [Электронный ресурс] : General information. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/sustainability/cleaner-fuel> (дата обращения: 04.12.2023).
682. Sustainability [Электронный ресурс] : General information. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/sustainability> (дата обращения: 04.12.2023).
683. Fuel Cells [Электронный ресурс] : Products. – Honeywell, 2023. – URL: <https://aerospace.honeywell.com/us/en/products-and-services/product/hardware-and-systems/honeywell-hydrogen-fuel-cell> (дата обращения: 04.12.2023).

684. Clearing the air: aircraft propulsion alternatives [Электронный ресурс] : Blog / Flight Safety Australia. – 2023. – URL: <https://www.flightsafetyaustralia.com/2022/05/clearing-the-air-aircraft-propulsion-alternatives/> (дата обращения: 04.12.2023).
685. Hydrogen-powered aviation. A fact-based study of hydrogen technology, economics, and climate impact by 2050 [Электронный ресурс] : Report / Clean Sky 2, FCH 2. – 2020. – URL: https://www.clean-hydrogen.europa.eu/system/files/2020-07/20200720_Hydrogen%2520Powered%2520Aviation%2520report_FINAL%2520web.pdf (дата обращения: 04.12.2023).
686. Федорченко Д.Г. Опыт и перспективы использования криогенных и газокomпозитных топлив / Д.Г. Федорченко, Ю.И. Цыбизов, И.Е. Воротынцев // *Авиационные двигатели*. – 2023. – № 2 (19). – С. 43-50.
687. Ростех занялся разработкой новых авиадвигателей [Электронный ресурс] : Новости / Fabricators.ru. – 2021. – URL: <https://fabricators.ru/article/samolety-budut-rabotat-na-vodorodnom-toplive-rosteh-zanyalsya-razrabotkoy-novyh> (дата обращения: 25.12.2023).
688. Новая разработка Ростеха повысит межремонтный ресурс авиадвигателей до 2 раз [Электронный ресурс] : Новости / АвиаПорт. – 2023. – URL: <https://www.aviaport.ru/news/747481/> (дата обращения: 05.12.2023).
689. Самедов А.С. Перспективы и проблемы развития авиационных газотурбинных двигателей нового поколения / А.С. Самедов, Э.Т. Вагаблы // *Молодой ученый*. – 2016. – № 6 (110). – С. 177-181.
690. Areas of innovation [Электронный ресурс] : Innovation. – Safran, 2023. – URL: <https://www.safran-group.com/group/innovation/areas-innovation> (дата обращения: 05.12.2023).
691. Сутягин А.Н. Современные проблемы технологии производства авиационных двигателей: Конспект лекций / А.Н. Сутягин. – Рыбинск: РГАТУ, 2016. – 142 с.
692. Actuators for Surge Control in Gas Turbine, ACONIT [Электронный ресурс] : Projects. – European Commission, 2022. – URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/886352> (дата обращения: 05.12.2023).
693. Chernyshev S.L. Modern problems of aircraft aerodynamics / S.L. Chernyshev, S.V. Lyapunov, A.V. Volkov // *Advances in Aerodynamics*. – 2019. – № 7.
694. Austin R. Unmanned aircraft systems: UAVS design, development and deployment / R. Austin. – West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, 2010. – 365 с.
695. Electrical Power [Электронный ресурс] : Systems. – GE Aerospace, 2023. – URL: <https://www.geaerospace.com/systems/electrical-power> (дата обращения: 05.12.2023).
696. Warwick G. What Are The Electric-Propulsion Challenges In Commercial Aviation? [Электронный ресурс] : Article / Aviation Week Network. – 2023. – URL: <https://aviationweek.com/special-topics/sustainability/what-are-electric-propulsion-challenges-commercial-aviation> (дата обращения: 05.12.2023).
697. NASA Electrified Aircraft Propulsion Efforts [Электронный ресурс] : Documents / ZBOOK. – 2023. – URL: https://zbook.org/read/103710_nasa-electrified-aircraft-propulsion-efforts.html (дата обращения: 05.12.2023).
698. Калинин К. В России началось создание первого полностью электрического авиадвигателя [Электронный ресурс] : Новости / РИА Новости. – 2023. – URL: <https://ria.ru/20230414/aviadvigatel-1865205231.html> (дата обращения: 05.12.2023).
699. Двигатели для отечественных беспилотников: прошлое, настоящее и будущее / А.Н. Черкасов [и др.] // *Вестник Самарского университета. Авиационная и ракетно-космическая техника*. – 2018. – Т. 17. – № 3. – С. 127-137.
700. RU2495797C2 - Электрическая силовая установка беспилотного летательного аппарата [Электронный ресурс] : Документ. – Яндекс.Патенты, 2023. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2495797C2_20131020 (дата обращения: 25.12.2023).
701. Decarbonizing aeronautics [Электронный ресурс] : Commitments. – Safran, 2023. – URL: <https://www.safran-group.com/group/commitments/decarbonizing-aeronautics> (дата обращения: 05.12.2023).

- 05.12.2023).
702. The electric propulsion of aircraft: between progress and challenges [Электронный ресурс] : Article / Surfeo. – 2023. – URL: <https://surfeo.eu/the-electric-propulsion-of-aircraft-between-progress-and-challenges/> (дата обращения: 05.12.2023).
703. Reduce Carbon Emissions from Your Airlines Today [Электронный ресурс] : General information. – Honeywell, 2023. – URL: <https://aerospace.honeywell.com/us/en/pages/reduce-carbon-emissions-from-your-airlines-today> (дата обращения: 05.12.2023).
704. Pratt & Whitney Canada to collaborate with GKN Aerospace on hybrid-electric flight demonstrator project.
705. Забота об окружающей среде [Электронный ресурс] : Общая информация. – ОДК, 2023. – URL: <https://www.uecrus.com/innovations/environment/> (дата обращения: 05.12.2023).
706. Moorman R. Integrated Propulsion: Proving the Promise of Hybrid Air Transport [Электронный ресурс] : News / The Electric VTOL News™. – 2023. – URL: <https://evtol.news/news/integrated-propulsion-proving-the-promise-of-hybrid-air-transport> (дата обращения: 05.12.2023).
707. Greenwood M. Derwent Aviation Redesigns Aircraft Engines to Reduce Emissions [Электронный ресурс] : News / Engineering.com. – 2023. – URL: https://www.engineering.com/story/derwent-aviation-re-designs-aircraft-engines-to-reduce-emissions?e_src=relart (дата обращения: 05.12.2023).
708. RTX advances hybrid-electric propulsion demonstrator with 1MW motor rated power milestone test [Электронный ресурс] : News. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/newsroom/news/2023/06/19/rtx-advances-hybrid-electric-propulsion-demonstrator-with-1mw-motor-rated-power-m> (дата обращения: 05.12.2023).
709. Pratt & Whitney создаст супердвигатель в сотрудничестве с NASA [Электронный ресурс] : Новости / Quto.ru. – 2022. – URL: <https://quto.ru/journal/news/pratt-and-whitney-sozdast-superdvigatel-v-sotrudnichestve-s-nasa-11-11-2022.htm> (дата обращения: 05.12.2023).
710. Rolls-Royce's turbogenerator technology to support hybrid-electric aircraft [Электронный ресурс] : News / Vertical Mag. – 2022. – URL: <https://verticalmag.com/news/rolls-royces-turbogenerator-technology-support-hybrid-electric-evtol-aircraft/> (дата обращения: 05.12.2023).
711. A Guide for Drone Manufactures: Selecting the Ideal Engine for UAV Propulsion [Электронный ресурс] : Article / BIS Research. – 2023. – URL: <https://bisresearch.com/insights/a-guide-for-drone-manufactures-selecting-the-ideal-engine-for-uav-propulsion> (дата обращения: 05.12.2023).
712. Гибридная силовая установка для БПЛА от МАИ [Электронный ресурс] : Новости / TopWar. – 2022. – URL: <https://topwar.ru/193794-gibridnaja-silovaja-ustanovka-dlja-bpla-ot-mai.html> (дата обращения: 25.12.2023).
713. Dowty Propellers [Электронный ресурс] : Systems. – GE Aerospace, 2023. – URL: <https://www.geaerospace.com/systems/dowty-propellers> (дата обращения: 06.12.2023).
714. Открытые инновации [Электронный ресурс] : Общая информация. – ОДК, 2023. – URL: <https://www.uecrus.com/innovations/open/> (дата обращения: 06.12.2023).
715. Новые материалы, конструкции и подходы [Электронный ресурс] : Общая информация. – ОДК, 2023. – URL: <https://www.uecrus.com/innovations/novye-materialy-konstruktsii-i-podkhody/> (дата обращения: 06.12.2023).
716. Во все лопатки: новые технологии изготовления лопаток авиадвигателей [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2022. – URL: <https://rostec.ru/news/vo-vse-lopatki-novye-tekhnologii-izgotovleniya-lopatok-aviadvigatelay/> (дата обращения: 06.12.2023).
717. Россия становится родиной лучшего авиадвигателя мира [Электронный ресурс] : Новости / РуАН. – 2023. – URL: <http://новости-россии.ru-an.info/новости/россия-становится-родиной-лучшего-авиадвигателя-мира/> (дата обращения: 06.12.2023).
718. Integration of a property simulation tool for virtual design and manufacturing of forged disks for aero

- engine applications, PROSIT [Электронный ресурс] : Projects. – European Commission, 2022. – URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/714043> (дата обращения: 06.12.2023).
719. HMI Metal Powders [Электронный ресурс] : Services. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/services/other-services/hmi-metal-powders> (дата обращения: 06.12.2023).
720. Pratt & Whitney Opens New Facility Dedicated to Ceramic Matrix Composites [Электронный ресурс] : News. – Pratt & Whitney, 2021. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/news-room/news/2021/07/13/pw-opens-new-facility-dedicated-to-ceramic-matrix-composites> (дата обращения: 06.12.2023).
721. GKN Aerospace And GE Sign Agreement On Industry Leading Aero Engines [Электронный ресурс] : News / MilitaryLeak.com. – 2023. – URL: <https://militaryleak.com/2023/11/08/gkn-aerospace-and-ge-sign-agreement-on-industry-leading-aero-engines/> (дата обращения: 06.12.2023).
722. Гладунова О. Полимерные композиционные материалы для деталей БПЛА [Электронный ресурс] : Новости / Композитный мир. – 2023. – URL: <https://compositeworld.ru/articles/app/id64dc922aedda430019f55de0> (дата обращения: 06.12.2023).
723. Аддитивные технологии в авиаиндустрии [Электронный ресурс] : Презентация. – Вертолеты России, 2020. – URL: <https://helirusia.ru/wp-content/uploads/2020/09/1.Prezentatsiya-Helirusia-2020-Rosatom.pdf> (дата обращения: 06.12.2023).
724. GE's XA100 Adaptive Cycle Engine [Электронный ресурс] : Projects. – GE Aerospace, 2023. – URL: <https://www.geaerospace.com/propulsion/military/xa100> (дата обращения: 06.12.2023).
725. Griffith L. Pratt & Whitney joins industry leaders to test 3D printing for rotating engine parts [Электронный ресурс] : News / TCT Magazine. – 2018. – URL: <https://www.tctmagazine.com/additive-manufacturing-3d-printing-news/pratt-whitney-norsk-metal-3d-printing-rotating-engine/> (дата обращения: 06.12.2023).
726. Самарские ученые испытали 3D-печатный реактивный двигатель для беспилотников [Электронный ресурс] : Новости / 3D Today. – 2021. – URL: <https://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/samarskie-ucenye-ispytali-3d-pecatnyi-reaktivnyi-dvigatel-dlya-bespilotnikov> (дата обращения: 06.12.2023).
727. Adding Simulation to the Corporate ENvironment for Additive Manufacturing, Ascent AM [Электронный ресурс] : Projects. – European Commission, 2022. – URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/714246> (дата обращения: 06.12.2023).
728. Двигатели для «кукурузников» напечатают на 3D-принтере [Электронный ресурс] : Новости / FrequentFlyers.ru. – 2023. – URL: https://www.frequentflyers.ru/2023/04/06/baikal_engine/ (дата обращения: 06.12.2023).
729. Additive Manufacturing - Machinery and Plant Construction [Электронный ресурс] : General information. – Siemens, 2023. – URL: <https://www.siemens.com/global/en/industries/machinebuilding/additivemanufacturing.html> (дата обращения: 06.12.2023).
730. Siemens achieves breakthrough with 3D-printed combustion component for SGT-A05 [Электронный ресурс] : Press Release. – Siemens, 2018. – URL: <https://press.siemens.com/global/en/feature/siemens-achieves-breakthrough-3d-printed-combustion-component-sgt-a05> (дата обращения: 06.12.2023).
731. First 3D-printed Gas Turbine Blades: Siemens awarded by American Society of Mechanical Engineers [Электронный ресурс] : Press Release. – Siemens, 2017. – URL: <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/first-3d-printed-gas-turbine-blades-siemens-awarded-american-society-mechanical> (дата обращения: 06.12.2023).
732. Pratt & Whitney uses 3D-printing for aero-engine MRO [Электронный ресурс] : News / Aerospace Technology. – 2020. – URL: <https://www.aerospace-technology.com/news/pratt-whitney-aerospace-engine/> (дата обращения: 06.12.2023).
733. Pratt & Whitney Additive Manufacturing Center (PW AMC) [Электронный ресурс] : Press / UCONN – 2023. – URL: <https://techpark.uconn.edu/wp->

- content/uploads/sites/2664/2018/12/PW_AMC20181219w.pdf (дата обращения: 06.12.2023).
734. Vialva T. GKN Aerospace expands Pratt & Whitney partnership for 3D printed engine components [Электронный ресурс] : News / 3D Printing Industry. – 2019. – URL: <https://3dprintingindustry.com/news/gkn-aerospace-expands-pratt-whitney-partnership-for-3d-printed-engine-components-157368/> (дата обращения: 06.12.2023).
735. Iftikhar U. Safran to open €68 million additive manufacturing campus in Bordeaux [Электронный ресурс] : News / 3D Printing Industry. – 2019. – URL: <https://3dprintingindustry.com/news/safran-to-open-e68-million-additive-manufacturing-campus-in-bordeaux-151025/> (дата обращения: 06.12.2023).
736. Boissonneault T. Additive manufacturing adds value to Safran aircraft electrical systems [Электронный ресурс] : News / VoxelMatters. – 2018. – URL: <https://www.voxelmatters.com/additive-manufacturing-safran-aircraft/> (дата обращения: 06.12.2023).
737. Non-Destructive Evaluation Techniques for Additive Manufacturing [Электронный ресурс] : Presentation. – Sigma Additive Solutions, 2014. – URL: <https://sigmaadditive.com/wp-content/uploads/2018/09/non-destructive-evaluation-additive-manufacturing.pdf> (дата обращения: 06.12.2023).
738. Petch M. Metal 3D printing advances with DARPA, Sigma Labs and Honeywell Aerospace contract [Электронный ресурс] : News / 3D Printing Industry. – 2016. – URL: <https://3dprintingindustry.com/news/metal-3d-printing-advances-darpa-sigma-labs-honeywell-aerospace-contract-101639/> (дата обращения: 06.12.2023).
739. Molitch-hou M. Sigma Labs Tests PrintRite3D DEFORM w Honeywell [Электронный ресурс] : News / 3D Printing Industry. – 2014. – URL: <https://3dprintingindustry.com/news/sigma-labs-test-printrite3d-deform-software-honeywell-international-26987/> (дата обращения: 06.12.2023).
740. Цифровизация: как сегодня создаются новые авиадвигатели [Электронный ресурс] : Блог / ОДК. Канал о двигателестроении | Дзен. – 2023. – URL: <https://dzen.ru/a/ZV922wQ82mAPwD-7> (дата обращения: 06.12.2023).
741. Труханова Э. Нейросети начали оценивать качество деталей авиадвигателей [Электронный ресурс] : Новости / Российская газета. – 2023. – URL: <https://rg.ru/2023/04/11/reg-cfo/romogaet-mashinnoe-zrenie.html> (дата обращения: 06.12.2023).
742. Core Noise Engine Technology, CORNET [Электронный ресурс] : Projects. – European Commission, 2022. – URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/686332> (дата обращения: 06.12.2023).
743. Kozhinov D.G. Simulation of aircraft engines / D.G. Kozhinov, I.A. Krivosheev, I.M. Goryunov // Modern problems of science and education. – 2012. – № 6. – С. 61-61.
744. 3D modeling for aeronautics in 2023: Top 10 of the best aircraft design software [Электронный ресурс] : Blog / Sculpteo. – 2023. – URL: <https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/3d-printing-software/best-aircraft-design-software/> (дата обращения: 06.12.2023).
745. Siemens solutions for sustainable aviation [Электронный ресурс] : Press Release. – Siemens, 2023. – URL: <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-solutions-sustainable-aviation> (дата обращения: 06.12.2023).
746. Авиационный Rotax | Rotax Aircraft Engines [Электронный ресурс] : General information. – Rotax Aircraft Engines, 2023. – URL: <https://www.flyrotax.com/ru/p/o-kompanii-rotax/aviatsionnyy-rotax> (дата обращения: 06.12.2023).
747. FAST™ Solution [Электронный ресурс] : Projects. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/services/pwc-engine-services/digital-engine-health-management/fast-solution> (дата обращения: 06.12.2023).
748. Multiphysics Simulations Help Engineers Design a Short Range All-Electric Aircraft Motor [Электронный ресурс] : Blog. – Ansys, 2023. – URL: <https://www.ansys.com/blog/multiphysics-simulations-design-short-range-all-electric-aircraft-motor> (дата обращения: 06.12.2023).

749. Математическое моделирование процесса соударения дрона с вентилятором ТРДД / Б.Ф. Шорр [и др.] // Авиационные двигатели. – 2022. – № 4 (17). – С. 3-10.
750. Digital Transformation in Aerospace and Defence [Электронный ресурс] : General information. – Siemens, 2023. – URL: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/industries/aerospace-defense/aircraft-engines/> (дата обращения: 06.12.2023).
751. TwinAlytix® | Rolls-Royce [Электронный ресурс] : General information. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/products-and-services/defence/services/twinalytix.aspx> (дата обращения: 06.12.2023).
752. Проектирование авиационных двигателей: основы, технологии и ключевые аспекты [Электронный ресурс] : Статья / НаучныеСтатьи.ру. – 2023. – URL: <https://nauchniestati.ru/spravka/proektirovanie-aviacionnyh-dvigatelej/> (дата обращения: 25.12.2023).
753. Утверждена «дорожная карта» по направлению «Новое промышленное программное обеспечение», реализуемая при координации Росатома [Электронный ресурс]. – URL: https://www.vedomosti.ru/press_releases/2022/12/19/utverzhdena-dorozhnaya-karta-po-napravleniyu-novoe-industrialnoe-programmnoe-obespechenie-realizuemaya-pri-koordinatsii-rosatoma (дата обращения: 15.06.2023).
754. Специалисты Передовой инженерной школы и Центра НТИ СПбПУ приняли участие в разработке дорожной карты «Новое промышленное программное обеспечение» [Электронный ресурс]. – URL: <http://technet-nti.ru/news/8394> (дата обращения: 15.06.2023).
755. Ростех и АСКОН внедряют российское ПО для разработки перспективных авиадвигателей [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2023. – URL: <https://rostec.ru/news/rostekh-i-askon-vnedryat-rossijskoe-po-dlya-razrabotki-perspektivnykh-aviadvigatelej/> (дата обращения: 04.12.2023).
756. ОДК-Авиадвигатель (Проект по импортозамещению программных продуктов категорий PLM и CAD) [Электронный ресурс] : Новости / Tadviser. – 2023. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:ОДК-Авиадвигатель_\(Проект_по_импортозамещению_программных_продуктов_категорий_PLM_и_CAD\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:ОДК-Авиадвигатель_(Проект_по_импортозамещению_программных_продуктов_категорий_PLM_и_CAD)) (дата обращения: 04.12.2023).
757. Системный цифровой инжиниринг в двигателестроении [Электронный ресурс] : Общая информация. – ПИШ СПбПУ «Цифровой инжиниринг», 2023. – URL: <https://pish.spbstu.ru/article/sistemnyj-cifrovoy-inzhiniring-v-dvigatelestroenii> (дата обращения: 07.12.2023).
758. Участники VIII Международного технологического форума «Инновации. Технологии. Производство» обсудили Электронное «Дело изделия» [Электронный ресурс] : Новости / Центр НТИ СПбПУ. – 2022. – URL: <https://nticenter.spbstu.ru/news/8125> (дата обращения: 07.12.2023).
759. CML-Bench® – цифровая платформа разработки и применения цифровых двойников (Digital Twins), система управления деятельностью в области цифрового инжиниринга – FEA.RU | CompMechLab – разработка и применение цифровых двойников (digital twin), цифровое проектирование, CAD/CAE/CAM/CAO/НПС [Электронный ресурс]. – URL: <https://fea.ru/article/cml-bench> (дата обращения: 30.06.2023).
760. GENx Engine Family Surpasses 50 Million Flight Hours [Электронный ресурс] : Blog. – GE Aerospace, 2023. – URL: <https://blog.geaerospace.com/product/genx-engine-family-surpasses-50-million-flight-hours/> (дата обращения: 07.12.2023).
761. GE Aerospace's GENx engines power first wide-body aircraft on a long-haul route to India using Sustainable Aviation Fuel [Электронный ресурс] : Blog. – GE Aerospace, 2023. – URL: <https://blog.geaerospace.com/sustainability/ge-aerospace-genx-engines-power-first-wide-body-aircraft-on-a-long-haul-route-to-india-using-sustainable-aviation-fuel/> (дата обращения: 07.12.2023).
762. Sustainability: Alternative Fuels [Электронный ресурс] : General information. – GE Aerospace, 2023. – URL: <https://www.geaerospace.com/future-of-flight/alternative-fuels> (дата обращения: 07.12.2023).
763. GENx Engine [Электронный ресурс] : Products. – GE Aerospace, 2023. – URL: <https://www.geaerospace.com/propulsion/commercial/genx> (дата обращения: 07.12.2023).

764. Test Early, Test Often: How the GE9X Engine Became GE Aerospace's Most Advanced Certified Power Plant Yet [Электронный ресурс] : Blog. – GE Aerospace, 2023. – URL: <https://blog.geaerospace.com/du-bai-airshow/test-early-test-often-how-the-ge9x-engine-became-ge-aerospaces-most-advanced-certified-power-plant-yet/> (дата обращения: 07.12.2023).
765. Sustainability: Landmark Technologies [Электронный ресурс] : General information. – GE Aerospace, 2023. – URL: <https://www.geaerospace.com/future-of-flight/landmark-technologies> (дата обращения: 07.12.2023).
766. Honeywell HTF7500E прошел первый этап испытаний [Электронный ресурс] : Новости / BizavNews. – 2010. – URL: <https://bizavnews.ru/230/7501> (дата обращения: 14.12.2023).
767. HTF7000 turbofan engine [Электронный ресурс] : Products. – Honeywell, 2023. – URL: <https://aerospace.honeywell.com/us/en/products-and-services/product/hardware-and-systems/engines/htf7000-turbofan-engine> (дата обращения: 14.12.2023).
768. Honeywell engines to power Embraer's latest executive aircraft [Электронный ресурс] : Press Release / Skies. – 2018. – URL: <https://skiesmag.com/press-releases/honeywell-engines-to-power-embraers-latest-executive-aircraft/> (дата обращения: 14.12.2023).
769. Компания Honeywell завершила первый этап испытаний инновационного реактивного двигателя HTF7500E для Embraer Legacy 450/500 [Электронный ресурс] : Новости / АвиаПорт. – 2011. – URL: <https://www.aviaport.ru/news/215707/> (дата обращения: 14.12.2023).
770. Weisberger H. Honeywell loading up on 10K engine technology [Электронный ресурс] : News / Aviation International News. – 2008. – URL: <https://www.ainonline.com/aviation-news/business-aviation/2008-10-01/honeywell-loading-10k-engine-technology> (дата обращения: 14.12.2023).
771. Winstanley D. HTF7000 Engine Design, Development and Uses / D. Winstanley // Aerospace. – 2013. – № 6 (2). – С. 545-554.
772. Honeywell engine using 100 sustainable aviation fuel successfully tested on embraer business jet [Электронный ресурс] : Press Release. – Honeywell, 2023. – URL: <https://aerospace.honeywell.com/us/en/about-us/press-release/2023/10/honeywell-engine-using-100-sustainable-aviation-fuel-successfully-tested-on-embraer-business-jet> (дата обращения: 14.12.2023).
773. Continuous improvement of battlefield proven engine [Электронный ресурс] : General information. – Honeywell, 2023. – URL: <https://aerospace.honeywell.com/us/en/pages/continuous-improvement-of-battlefield-proven-engine> (дата обращения: 14.12.2023).
774. T55 turboshaft engine [Электронный ресурс] : Products. – Honeywell, 2023. – URL: <https://aerospace.honeywell.com/us/en/products-and-services/product/hardware-and-systems/engines/t55-turboshaft-engine> (дата обращения: 14.12.2023).
775. Honeywell successfully begins testing next generation T55 engine for us army Chinook helicopters [Электронный ресурс] : Press Release. – Honeywell, 2021. – URL: <https://www.honeywell.com/us/en/press/2021/12/honeywell-successfully-begins-testing-next-generation-t55-engine-for-u-s-army-chinook-helicopters> (дата обращения: 14.12.2023).
776. Honeywell tests first T55-714c engine [Электронный ресурс] : Blog. – Honeywell, 2023. – URL: <https://aerospace.honeywell.com/us/en/about-us/blogs/honeywell-tests-first-t55-714c-engine> (дата обращения: 14.12.2023).
777. T55 center excellence keeps CH47 engines tip-top shape [Электронный ресурс] : Blog. – Honeywell, 2023. – URL: <https://aerospace.honeywell.com/us/en/about-us/blogs/t55-center-excellence-keeps-ch47-engines-tip-top-shape> (дата обращения: 14.12.2023).
778. Honeywell's bid to add more oomph to Chinook engines [Электронный ресурс] : Blog / Global Defence Technology. – 2021. – URL: https://defence.nridigital.com/global_defence_technology_jul21/honeywell_chinook_engine (дата обращения: 14.12.2023).
779. PW4000-94 Engine [Электронный ресурс] : Products. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/products/commercial-engines/pw4000-94> (дата обращения: 14.12.2023).

- 07.12.2023).
780. PW4000-112 Engine [Электронный ресурс] : Products. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/products/commercial-engines/pw4000-112> (дата обращения: 07.12.2023).
781. Летим на пониженной: Авиадвигатель Pratt & Whitney [Электронный ресурс] : News / TechInsider. – 2010. – URL: <https://www.techinsider.ru/technologies/11207-letim-na-ponizhennoy-aviadvigatel-pratt-whitney/> (дата обращения: 07.12.2023).
782. Smarter Technology [Электронный ресурс] : General information. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/sustainability/smarter-technologies> (дата обращения: 07.12.2023).
783. GTF Engine [Электронный ресурс] : Products. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/products/commercial-engines/gtf> (дата обращения: 07.12.2023).
784. List M. Geared turbofan and additive manufacturing among new engine technologies [Электронный ресурс] : News / Aerospace America. – 2018. – URL: <https://aerospaceamerica.aiaa.org/year-in-review/geared-turbofan-and-additive-manufacturing-among-new-engine-technologies/> (дата обращения: 07.12.2023).
785. GTF Engine Family [Электронный ресурс] : Products. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/products/commercial-engines/gtf/family> (дата обращения: 07.12.2023).
786. Pratt & Whitney and Embraer Complete 100% SAF Flight Testing of GTF-powered E195-E2 Aircraft [Электронный ресурс] : News. – Pratt & Whitney, 2022. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/newsroom/news/2022/06/30/pw-and-embraer-complete-100-saf-flight-testing-of-gtf-powered-e195-e2-aircraft> (дата обращения: 07.12.2023).
787. LATAM Selects Pratt & Whitney GTF™ Engines to Power Up to 146 Airbus A320neo Family Aircraft [Электронный ресурс] : News. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/newsroom/news/2023/06/05/latam-selects-pratt-whitney-gtf-engines-to-power-up-to-146-airbus-a320neo-fami> (дата обращения: 07.12.2023).
788. Dubois T. Pratt, Alcoa Pioneer Use of Aluminum Fan Blades [Электронный ресурс] : News / Aviation International News. – 2014. – URL: <https://www.ainonline.com/aviation-news/air-transport/2014-07-28/pratt-alcoa-pioneer-use-aluminum-fan-blades> (дата обращения: 07.12.2023).
789. Trailblazing technology: MTU Aero Engines produces parts by additive manufacturing [Электронный ресурс] : News. – MTU Aero Engines, 2014. – URL: <https://www.mtu.de/newsroom/press/press-archive/press-archive-detail/trailblazing-technology-mtu-aero-engines-produces-parts-by-additive-manufacturing/> (дата обращения: 07.12.2023).
790. Beyond the GTF – Transformational Change at Pratt & Whitney [Электронный ресурс] : News / AirInsight Group. – 2014. – URL: <https://airinsight.com/beyond-the-gtf-transformational-change-at-pratt-whitney/> (дата обращения: 07.12.2023).
791. Peach M. Pratt & Whitney uses 3D printing for aero engine parts [Электронный ресурс] : News / optics.org. – 2015. – URL: <https://optics.org/news/6/4/7> (дата обращения: 07.12.2023).
792. Dilba D. Geared Turbofan: How the engine of the future was developed [Электронный ресурс] : News / MTU Aeroreport. – 2019. – URL: <https://aeroreport.de/en/innovation/geared-turbofan-how-the-engine-of-the-future-was-developed> (дата обращения: 07.12.2023).
793. Yong H. Design on Structural Test and Modeling of the Mounting Structure of a GTF Aircraft Engine / H. Yong, T. Zhi // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – № 607. – С. 358-361.
794. The Future of Sustainable Aviation [Электронный ресурс] : General information. – Ansys, 2023. – URL: <https://www.ansys.com/en-in/campaigns/ansys-pratt-and-whitney> (дата обращения: 07.12.2023).
795. F135-PW-100 [Электронный ресурс] : Report. – Pratt & Whitney, 2022. – URL: <https://prd-sc102-cdn.rtx.com/-/media/pw/products/military-engines/f135/documents/f135-ctol.pdf?rev=f91794a4629a48038bc7ce08cf1ba4c1&hash=AE887E2B141A926852FC7822A9ABE9D>

- Е (дата обращения: 08.12.2023).
796. F135-PW-600 [Электронный ресурс] : Report. – Pratt & Whitney, 2022. – URL: <https://prd-sc102-cdn.rtx.com/-/media/pw/products/military-engines/f135/documents/f135-stovl.pdf?rev=699672ee2bf0491493c5009162675c9a&hash=564BC027360E7C3BEB668EAD12C541EF> (дата обращения: 08.12.2023).
797. F135 Depot Network Maturing, Engine Availability Improved by 60% [Электронный ресурс] : News. – RTX, 2022. – URL: <https://www.f135enginecoreupgrade.com/news-1/f135-depot-network-maturing-engine-availability-improved-by-60> (дата обращения: 08.12.2023).
798. PW300 Engine [Электронный ресурс] : Products. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/products/business-aviation-engines/pw300> (дата обращения: 07.12.2023).
799. The PW300 Jet Engine: Unmatched Performance For Aircraft [Электронный ресурс] : General information / skyaviationholdings.com. – 2023. – URL: <https://skyaviationholdings.com/the-pw300-jet-engine-series/> (дата обращения: 07.12.2023).
800. M88 – Proven performance and reliability [Электронный ресурс] : Products. – Safran, 2023. – URL: <https://www.safran-group.com/products-services/m88-proven-performance-and-reliability> (дата обращения: 07.12.2023).
801. Aerostructure design, as well as design, load calculation and installation of mechanical systems [Электронный ресурс] : Services. – Safran, 2023. – URL: <https://www.safran-group.com/products-services/aerostructure-design-well-design-load-calculation-and-installation-mechanical-systems> (дата обращения: 07.12.2023).
802. Arriel 2K, the Leonardo AW09 engine [Электронный ресурс] : Products. – Safran, 2023. – URL: <https://www.safran-group.com/products-services/arriel-2k-leonardo-aw09-engine> (дата обращения: 07.12.2023).
803. Arriel – Safran Helicopter Engines – Helicopter Engine Datasheet [Электронный ресурс] : Products / GlobalSpec. – 2023. – URL: <https://datasheets.globalspec.com/ds/safran-group/arriel/597508e6-43e2-44c4-b89a-1edcbeaac60b> (дата обращения: 07.12.2023).
804. Нургалеев А. Turbomeca сертифицировала двигатель Arriel 2N [Электронный ресурс] : Новости / Авиатранспортное обозрение. – 2015. – URL: <http://www.ato.ru/content/turbomeca-sertificirovala-dvigatel-arriel-2n> (дата обращения: 07.12.2023).
805. Rolls-Royce successfully completes 100% Sustainable Aviation Fuel test programme [Электронный ресурс] : Press Release. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2023/13-11-2023-poweroftrent-rr-successfully-completes-100-sustainable-aviation-fuel-test-programme.aspx> (дата обращения: 08.12.2023).
806. One step closer to climate-neutral aviation [Электронный ресурс] : Press Release. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/media/our-stories/discover/2023/one-step-closer-to-climate-neutral-aviation.aspx> (дата обращения: 08.12.2023).
807. Rolls-Royce: Самый большой в мире авиационный двигатель UltraFan готов к испытаниям [Электронный ресурс] : Новости / Overclockers. – 2022. – URL: <https://overclockers.ru/blog/amv212/show/81750/rolls-royce-samyj-bolshoj-v-mire-aviacionnyj-dvigatel-ultrafan-gotov-k-ispytaniyam> (дата обращения: 08.12.2023).
808. Авиадвигатель Rolls-Royce UltraFan для самолётов будущего прошёл первые тесты [Электронный ресурс] : Новости / ixbt.com. – 2023. – URL: <https://www.ixbt.com/news/2023/05/22/rolls-royce-ultrafan.html> (дата обращения: 08.12.2023).
809. Boissonneault T. Rolls-Royce moves ahead with 3D printed Advance3 aircraft demonstrator engine [Электронный ресурс] : Новости / VoxelMatters. – 2018. – URL:

- <https://www.voxelmatters.com/rolls-royce-advance3-engine/> (дата обращения: 08.12.2023).
810. AE 2100 turboprop [Электронный ресурс] : Products. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/defence/VCOMB%203855%20Defence%20Data%20sheet%20-%20AE%202100.pdf> (дата обращения: 08.12.2023).
811. AE 2100 [Электронный ресурс] : Products. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/products-and-services/defence/aerospace/transport-tanker-patrol-and-tactical/ae-2100.aspx#section-contacts> (дата обращения: 08.12.2023).
812. Alcock C. Rolls-Royce and EasyJet Test Hydrogen Propulsion System [Электронный ресурс] : News / FutureFlight. – 2022. – URL: <https://www.futureflight.aero/news-article/2022-11-28/rolls-royce-and-easyjet-test-hydrogen-propulsion-system> (дата обращения: 08.12.2023).
813. Alcock C. Rolls-Royce to Develop New Hybrid-Electric Aircraft Engines [Электронный ресурс] : News / FutureFlight. – 2022. – URL: <https://www.futureflight.aero/news-article/2022-06-22/rolls-royce-launches-turbogenerator-program-hybrid-electric-aircraft> (дата обращения: 08.12.2023).
814. Rolls Royce Awarded US Air Force Contract For C-130 Aircraft Fleet Engine Sustainment Support [Электронный ресурс] : News / MilitaryLeak.com. – 2022. – URL: <https://militaryleak.com/2022/01/25/rolls-royce-awarded-us-air-force-contract-for-c-130-aircraft-fleet-engine-sustainment-support/> (дата обращения: 08.12.2023).
815. Бочкарев А. Rolls-Royce приступил к испытаниям гибридной силовой установки AE2100 [Электронный ресурс] : Новости / Союз Авиапроизводителей России. – 2021. – URL: <https://aviationunion.ru/media/news/22343/> (дата обращения: 08.12.2023).
816. The Rolls-Royce Pearl 10X engine development programme for Dassault's new flagship aircraft Falcon 10X is running full steam ahead [Электронный ресурс] : Press Release. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2023/23-05-2023-business-aviation-rr-pearl-10x-engine-development-programme-for-dassaults-new-flagship.aspx> (дата обращения: 08.12.2023).
817. Sustainability [Электронный ресурс] : General information. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/products-and-services/civil-aerospace/sustainability.aspx> (дата обращения: 08.12.2023).
818. Pearl 10X [Электронный ресурс] : Products. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/products-and-services/civil-aerospace/business-aviation/pearl-10x.aspx> (дата обращения: 08.12.2023).
819. FACC Develops Composite Components for The Pearl 10x Engine [Электронный ресурс] : News / Asian Sky Media. – 2022. – URL: <https://asianskymedia.com/interviews/2022/2/18/facc-develops-composite-components-for-the-pearl-10x-engine> (дата обращения: 08.12.2023).
820. Rolls-Royce и новые технологии в двигателестроении [Электронный ресурс] : Новости / Авиа-Порт. – 2011. – URL: <https://www.aviaport.ru/news/213010/> (дата обращения: 08.12.2023).
821. Rolls-Royce welcomes Air Niugini as new Trent 1000 customer following selection of TotalCare Services at Paris Air Show [Электронный ресурс] : News & Insights. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/media/our-stories/discover/2023/poweroftrent-rr-welcomes-air-niugini-as-new-trent-1000-customer-following-selection.aspx> (дата обращения: 08.12.2023).
822. 915 iS A | iSc A | iS C24 | iSc C24 [Электронный ресурс] : Products. – Rotax Aircraft Engines, 2023. – URL: <https://www.flyrotax.com/products/915-is-a-isc-a> (дата обращения: 11.12.2023).
823. Tecnam P2010 H3PS a milestone in green aviation [Электронный ресурс] : News. – BRP Rotax, 2022. – URL: <https://www.rotax.com/detail/tecnam-p2020-h3ps-a-milestone-in-green->

- aviation.html (дата обращения: 11.12.2023).
824. Injection Technology | iS Engines [Электронный ресурс] : General information. – Rotax Aircraft Engines, 2023. – URL: <https://www.flyrotax.com/p/products/technology> (дата обращения: 11.12.2023).
825. ROTAX- австрийское сердце канадской техники [Электронный ресурс] : Новости / Formula 7. – 2014. – URL: <https://formula7r.ru/news/rotax-avstriyskoe-serdtse-kanadskoy-tehniki/> (дата обращения: 11.12.2023).
826. ПД-14 [Электронный ресурс] : Продукты. – ОДК-Пермские моторы, 2023. – URL: <https://perm-motors.ru/production/pd-14/> (дата обращения: 11.12.2023).
827. ПД-14: пять фактов о новом российском двигателе [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2020. – URL: <https://rostec.ru/news/pd-14-pyat-faktov-o-novom-rossiyskom-dvigatele/> (дата обращения: 11.12.2023).
828. Серийный двигатель ПД-14: тихий и экологичный [Электронный ресурс] : Блог / ОДК. Канал о двигателестроении | Дзен. – 2023. – URL: <https://dzen.ru/a/YtgVvN2LAFc4tKYg> (дата обращения: 11.12.2023).
829. Закавасин А. Ручная работа: как развивается производство российского авиадвигателя ПД-14 [Электронный ресурс] : Новости / РТ на русском. – 2021. – URL: <https://russian.rt.com/russia/article/940287-pd-14-dvigatel-perm-proizvodstvo> (дата обращения: 11.12.2023).
830. К серийному производству готовы: новый двигатель ПД-14 и организация его послепродажного обслуживания [Электронный ресурс] : Блог / ОДК. Канал о двигателестроении | Дзен. – 2023. – URL: <https://dzen.ru/a/ZCLcHUVpmFdhdR6-> (дата обращения: 11.12.2023).
831. ВИАМ: материалы нового поколения для ПД-14 [Электронный ресурс] : Статья / ВИАМ. – 2019. – URL: <https://viam.ru/interviewd/6479> (дата обращения: 11.12.2023).
832. Чжунго ханкун фадунци цзитуань – миньюн вошань фадунци 中国航空发动机集团–民用涡扇发动机 (Aero Engine Corporation of China – Гражданский турбовентиляторный двигатель) [Электронный ресурс] : Чаньпинь цзешао 产品介绍 (Презентация продукции). – АЕСС, 2023. – URL: <https://www.aecc.cn/cpbw/cpgc/mygsfdj/388966.shtml> (дата обращения: 11.12.2023).
833. China's newest turbofan is making flying hours [Электронный ресурс] : News / AirInsight Group. – 2023. – URL: <https://airinsight.com/chinas-newest-turbofan-is-making-flying-hours/> (дата обращения: 11.12.2023).
834. COMAC CJ-1000A engine [Электронный ресурс] : News / Modern Airlines. – 2023. – URL: <https://www.modernairliners.com/modern-airliner-posts/comac-cj-1000a-engine> (дата обращения: 11.12.2023).
835. В Китае завершена сборка первого полностью отечественного современного ТРДД [Электронный ресурс] : Новости / Aeroflap. – 2017. – URL: <https://www.aeroflap.com.br/ru/Китай-завершил-сборку-первого-полностью-отечественного-современного-ТРДД/> (дата обращения: 11.12.2023).
836. Китайцы проводят испытания собственного авиадвигателя на замену франко-американскому [Электронный ресурс] : Блог / Frequent Flyers | Дзен. – 2023. – URL: <https://dzen.ru/a/ZCMhiXBp2UL8YWza> (дата обращения: 11.12.2023).
837. Собран первый образец китайского двигателя CJ-1000AX для самолета C919 [Электронный ресурс] : Новости / bmpd LiveJournal. – 2018. – URL: <https://bmpd.livejournal.com/3050657.html> (дата обращения: 11.12.2023).
838. Leap 2023 - CFM International [Электронный ресурс] : General information. – CFM International, 2023. – URL: <https://www.cfmaeroengines.com/leap/> (дата обращения: 11.12.2023).

839. CFM56 – CFM International Jet Engines [Электронный ресурс] : General information. – Safran, 2023. – URL: <https://www.cfmaeroengines.com/engines/cfm56/> (дата обращения: 11.12.2023).
840. Двигатель CFM56. О нем и о том, что вокруг него... [Электронный ресурс] : Блог / АВИАЦИЯ, ПОНЯТНАЯ ВСЕМ. – 2013. – URL: <https://avia-simply.ru/dvigatel-cfm56/> (дата обращения: 11.12.2023).
841. CFM International CFM56 | Изготовление авиадеталей, обработка металлов [Электронный ресурс] : Статьи / El-aero. – 2022. – URL: <https://el-aero.ru/cfm-international-cfm56/> (дата обращения: 11.12.2023).
842. Общие и отличительные особенности конструкции двигателей семейства cfm56. Назначение и эксплуатационно-технические характеристики [Электронный ресурс] : Документы / StudFiles. – 2019. – URL: <https://studfile.net/preview/7773774/page:8/> (дата обращения: 11.12.2023).
843. Snecma CFM56 [Электронный ресурс] : Products. – Snecma, 2007. – URL: https://web.archive.org/web/20070312055606/http://www.snecma.com/rubrique.php?id_rubrique=33&lang=en (дата обращения: 11.12.2023).
844. Safran Aircraft Engines Embraces Additive Manufacturing [Электронный ресурс] : News / Defense Aerospace. – 2017. – URL: <https://www.defense-aerospace.com/safran-aircraft-engines-embraces-additive-manufacturing/> (дата обращения: 11.12.2023).
845. Мазаев И.В. Проблема усовершенствования конструкции двигателей семейства CFM-56 в связи с требованиями повышения надежности / И.В. Мазаев, Д.А. Иванов, Т.В. Петрова // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. – 2020. – № 3 (28). – С. 68-75.
846. V2500 Engine [Электронный ресурс] : Products. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/products/commercial-engines/v2500> (дата обращения: 07.12.2023).
847. V2500 [Электронный ресурс] : Products. – MTU Aero Engines, 2023. – URL: <https://www.mtu.de/engines/commercial-aircraft-engines/narrowbody-and-regional-jets/v2500/> (дата обращения: 07.12.2023).
848. 1 Megawatt Turbogenerator – Mobility Engineering Technology [Электронный ресурс] : News / SAE Media Group. – 2023. – URL: <https://www.mobilityengineeringtech.com/component/content/article/48017-1-megawatt-turbogenerator> (дата обращения: 12.12.2023).
849. CT7 Engine [Электронный ресурс] : Products. – GE, 2005. – URL: <https://www.geaerospace.com/propulsion/commercial/ct7> (дата обращения: 12.12.2023).
850. GE tests additive manufactured demonstrator engine for Advanced Turboprop [Электронный ресурс] : News. – GE Aerospace, 2016. – URL: <https://www.geaerospace.com/press-release/business-general-aviation/ge-tests-additive-manufactured-demonstrator-engine-0> (дата обращения: 12.12.2023).
851. GE's T700/CT7 Engine Family Continues Its Pattern of Growth, Enhancement and Success [Электронный ресурс] : News. – GE Aerospace, 2023. – URL: <https://www.ge.com/news/press-releases/ges-t700ct7-engine-family-continues-its-pattern-growth-enhancement-and-success-0> (дата обращения: 12.12.2023).
852. F100 Engine [Электронный ресурс] : Products. – Pratt & Whitney, 2023. – URL: <https://www.prattwhitney.com/en/products/military-engines/f100> (дата обращения: 12.12.2023).
853. Tegler E. The Navy's X-47B Flies With Air Force Engine [Электронный ресурс] : News / Defense Media Network. – 2013. – URL: <https://www.defensemedianetwork.com/stories/the-navys-carrier-x-47b-drone/> (дата обращения: 14.12.2023).
854. Pratt & Whitney Military Engines Power Biofuel Tests for U.S. Air Force [Электронный ресурс] :

- News / Makebiofuel. – 2011. – URL: <https://www.makebiofuel.co.uk/pratt-whitney-military-engines-power-biofuel-tests-for-u-s-air-force/> (дата обращения: 12.12.2023).
855. HTS900 Turboshaft Engine [Электронный ресурс] : Products. – Honeywell, 2023. – URL: <https://aerospace.honeywell.com/us/en/products-and-services/product/hardware-and-systems/engines/hts900-turboshaft-engine> (дата обращения: 14.12.2023).
856. Изюмов Д.Б. Научно-технические проблемы создания беспилотных авиационных транспортных систем двойного назначения за рубежом / Д.Б. Изюмов, Е.Л. Кондратюк // Инноватика и экспертиза. – 2021. – № 1 (31). – С. 168-181.
857. Kucinski W. Honeywell Targets Urban Air Mobility Market with New Hybrid Turboshaft Engine [Электронный ресурс] : Article. – SAE Media Group, 2021. – URL: <https://www.mobilityengineering-tech.com/component/content/article/adt/stories/news/44033> (дата обращения: 14.12.2023).
858. Head E. HTS900 engine operators could benefit from hybrid electric investment [Электронный ресурс] : News / Vertical Mag. – 2019. – URL: <https://verticalmag.com/news/hts900-engine-operators-benefit-hybrid-electric-investment/> (дата обращения: 14.12.2023).
859. Siebenmark J. Honeywell Bets On Electric Engine, VTOL Future [Электронный ресурс] : News / Aviation International News. – 2019. – URL: <https://www.ainonline.com/aviation-news/business-aviation/2019-02-27/honeywell-bets-electric-engine-vtol-future> (дата обращения: 14.12.2023).
860. Future of flight [Электронный ресурс] : General information. – Honeywell, 2023. – URL: <https://aerospace.honeywell.com/us/en/products-and-services/industry/urban-air-mobility/future-of-flight> (дата обращения: 14.12.2023).
861. HTS 900: Hot And High Performance With Eagle Copters 407HP Upgrade [Электронный ресурс] : General information. – Honeywell, 2023. – URL: <https://aerospace.honeywell.com/us/en/pages/hts900> (дата обращения: 14.12.2023).
862. Honeywell to supply ten HTS900 helicopter engines to Eagle Copters [Электронный ресурс] : News / Aerospace Technology. – 2017. – URL: <https://www.aerospace-technology.com/news/news-honeywell-to-provide-ten-hts900-helicopter-engines-to-eagle-copters-5757977/> (дата обращения: 14.12.2023).
863. Ardiden 3 - The most innovative engine in its class - Business [Электронный ресурс] : Video. – Safran, 2021. – URL: <https://www.safran-group.com/videos/ardiden-3-most-innovative-engine-its-class> (дата обращения: 13.12.2023).
864. Safran Helicopter Engines tests “more-electric” variant of Ardiden-based engine [Электронный ресурс] : News / HeliHub. – 2023. – URL: <https://helihub.com/2023/02/16/safran-helicopter-engines-tests-more-electric-variant-of-ardiden-based-engine/> (дата обращения: 13.12.2023).
865. Safran Tests «More Electric» Turboprop for Regional Aircraft [Электронный ресурс] : News / Aviation International News. – 2023. – URL: <https://www.ainonline.com/aviation-news/air-transport/2023-02-17/safran-tests-more-electric-turboprop> (дата обращения: 13.12.2023).
866. Ball M. New Turboprop Engine to be Designed for European UAV Applications [Электронный ресурс] : News / Unmanned Systems Technology. – 2019. – URL: <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2019/09/new-turboprop-engine-to-be-designed-for-european-uav-applications/> (дата обращения: 13.12.2023).
867. Грузовой беспилотник Rhaegal от Sabrewing. BBC США отбирает проекты стартапов для создания транспортного беспилотного флота [Электронный ресурс] : Блог / Зеленая Точка Старта | Дзен. – 2021. – URL: <https://dzen.ru/a/UCЕOC9HQGg46o7u> (дата обращения: 13.12.2023).
868. Safran Helicopter Engines strengthens its European team [Электронный ресурс] : News / AirMed&Rescue. – 2020. – URL: <https://www.airmedandrescue.com/latest/news/safran-helicopter-engines-strengthens-its-european-team> (дата обращения: 13.12.2023).

869. Ardiden 3TP: the only 100% European turboprop solution for European military applications [Электронный ресурс] : News. – Safran, 2020. – URL: <https://www.safran-group.com/news/ardiden-3tp-only-100-european-turboprop-solution-european-military-applications-2020-06-18> (дата обращения: 13.12.2023).
870. Turbomeca introduces additive manufacturing capability for production engine components [Электронный ресурс] : News / Green Car Congress. – 2015. – URL: <https://www.greencarcongress.com/2015/01/20150111-turbomeca.html> (дата обращения: 13.12.2023).
871. Carlson S. Rolls-Royce awarded \$420M contract for drone engines [Электронный ресурс] : News / UPI. – 2018. – URL: <https://www.upi.com/Defense-News/2018/07/05/Rolls-Royce-awarded-420M-contract-for-drone-engines/5081530794511/> (дата обращения: 13.12.2023).
872. Rolls-Royce AE 3007A2 Completes Certification [Электронный ресурс] : News / Aviation Pros. – 2010. – URL: <https://www.aviationpros.com/home/press-release/10393843/rolls-royce-ae-3007a2-completes-certification> (дата обращения: 13.12.2023).
873. Rolls-Royce develops world-first electrical technology for next-generation Tempest programme [Электронный ресурс] : Press Release. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2020/09-01-2020-rr-develops-world-first-electrical-technology-for-next-generation-tempest-programme.aspx> (дата обращения: 13.12.2023).
874. UK unveils new Tempest fighter jet to replace Typhoon [Электронный ресурс] : News / The Guardian. – 2018. – URL: <https://www.theguardian.com/uk-news/2018/jul/16/uk-tempest-fighter-jet-typhoon-farnborough-airshow> (дата обращения: 13.12.2023).
875. Беспилотные вертолеты – уже реальность [Электронный ресурс] : Блог / Техника и жизнь | Дзен. – 2022. – URL: <https://dzen.ru/media/techandlife/bespilotnye-vertolety--uje-realnost-62c82054a15514676f54850d> (дата обращения: 13.12.2023).
876. ВК-650В –русский мотор для легких вертолетов и БПЛА вертолетного типа [Электронный ресурс] : Блог / Техника и жизнь | Дзен. – 2022. – URL: <https://dzen.ru/a/YoX9pj54vk3WuJi3> (дата обращения: 13.12.2023).
877. ОДК приступила к изготовлению демонстратора гибридной силовой установки мощностью 500 кВт [Электронный ресурс] : Новости. – ОДК, 2023. – URL: https://www.uecrus.com/press/odk-pristupila-k-izgotovleniyu-demonstratora-gibridnoy-silovoy-ustanovki-moshchnostyu-500-kvt/?sphrase_id=11625 (дата обращения: 13.12.2023).
878. ОДК впервые представит на «Технопроме-2023» гибридную силовую установку на базе ВК-650В [Электронный ресурс] : Новости. – ОДК, 2023. – URL: https://www.uecrus.com/press/odk-vpervye-predstavit-na-tekhnoprome-2023-gibridnuyu-silovuyu-ustanovku-na-baze-vk-650v/?sphrase_id=11625 (дата обращения: 13.12.2023).
879. На подъем! Новые двигатели для российских вертолетов [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2023. – URL: <https://rostec.ru/news/na-podem-novye-dvigateli-dlya-rossiyskikh-vertoletov/> (дата обращения: 13.12.2023).
880. ОДК приступила к испытаниям первого в РФ двигателя для легких вертолетов [Электронный ресурс] : Новости. – ОДК, 2021. – URL: https://www.uecrus.com/press/930230/?sphrase_id=11625 (дата обращения: 13.12.2023).
881. Гусаров Р. Перспективный двигатель ВК-650В [Электронный ресурс] : Новости / Aviation Explorer. – 2021. – URL: <https://www.aex.ru/docs/3/2021/8/11/3299/> (дата обращения: 13.12.2023).
882. Специалистами ВИАМ разработаны и изготовлены на базе аддитивного производства основные детали двигателя ВК-650В [Электронный ресурс] : Новости. – ВИАМ, 2023. – URL: <https://viam.ru/news/7917> (дата обращения: 13.12.2023).
883. ОДК начала второй этап испытаний двигателя-демонстратора ВК-650В [Электронный ресурс]

- : Новости. – ОДК, 2023. – URL: https://www.uecrus.com/press/163065/?sphrase_id=11625 (дата обращения: 13.12.2023).
884. Двигатель ВК-650В [Электронный ресурс] : Продукты. – ОДК, 2023. – URL: <https://www.uecrus.com/products-and-services/products/vertolyety/dvigatel-vk-650v/> (дата обращения: 13.12.2023).
885. ОДК изготовит три опытных образца двигателя для Ка-226Т до конца года [Электронный ресурс] : Новости. – ОДК, 2021. – URL: https://www.uecrus.com/press/400266/?sphrase_id=11625 (дата обращения: 13.12.2023).
886. Двигатель ВК-1600В. Для вертолетов, самолетов и беспилотников [Электронный ресурс] : Новости / Наука и Техника. – 2021. – URL: <https://naukatehnika.com/dvigatel-vk-1660v.html> (дата обращения: 13.12.2023).
887. Двигатель ВК-1600В [Электронный ресурс] : Продукты. – ОДК, 2023. – URL: <https://www.uecrus.com/products-and-services/products/vertolyety/dvigatel-vk-1600v/> (дата обращения: 13.12.2023).
888. НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ разработал уникальные сплавы для аддитивных технологий [Электронный ресурс] : Новости. – ВИАМ, 2022. – URL: <https://viam.ru/news/8534> (дата обращения: 13.12.2023).
889. ВК-1600В – импортозамещение французских двигателей на вертолёте Ка-62 или как «Ми-8» аукнулись АУКУСом [Электронный ресурс] : Блог / Авиацзия21.ру | Дзен. – 2021. – URL: <https://dzen.ru/a/YUsX2EbFMU43RWJa> (дата обращения: 13.12.2023).
890. Алексей Боровков принял участие в мероприятиях деловой программы форума-выставки «АМТЕХРО» [Электронный ресурс] : Новости / Fea.ru. – 2023. – URL: <https://fea.ru/news/8671> (дата обращения: 13.12.2023).
891. Вершинин М. Первый полностью «цифровой» вертолётный двигатель создали в России [Электронный ресурс] : Новости / TechInsider. – 2021. – URL: <https://www.techinsider.ru/technologies/news-701893-pervyy-polnostyu-cifrovoy-vertolyotnyy-dvigatel-sozdali-v-rossii/> (дата обращения: 13.12.2023).
892. «ОДК-Климов» презентовал конструктивный облик двигателя ВК-1600В [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2020. – URL: <https://rostec.ru/news/odk-klimov-prezentoval-konstruktivnyy-oblik-dvigatelya-vk-1600v/> (дата обращения: 13.12.2023).
893. Двигатель АИ-222-25 [Электронный ресурс] : Продукты. – ОДК, 2023. – URL: <https://www.uecrus.com/products-and-services/products/boevaya-aviatsiya/dvigatel-ai-222-25/> (дата обращения: 13.12.2023).
894. Завкасин А. «Обеспечивает высокую тяговооружённость»: какие возможности получит обновлённый российский авиадвигатель АИ-222-25 [Электронный ресурс] : Новости / РТ на русском. – 2021. – URL: <https://russian.rt.com/russia/article/844789-ai-222-25-modernizaciya-dvigatel-yak-130> (дата обращения: 13.12.2023).
895. Супер Е. Мотор для «Грома» [Электронный ресурс] : Новости / SONAR-2050. – 2021. – URL: <https://www.sonar2050.org/publications/motor-dlya-groma/> (дата обращения: 13.12.2023).
896. Деформируемые титановые сплавы [Электронный ресурс] : Общая информация. – ВИАМ, 2023. – URL: https://viam.ru/wrought_titanium_alloys (дата обращения: 13.12.2023).
897. Ростех модернизирует материалы для авиационных двигателей [Электронный ресурс] : Блог / ВПК.name | Дзен. – 2018. – URL: <https://dzen.ru/a/WvFlI3fQ5odoaXaV> (дата обращения: 13.12.2023).
898. На «Салюте» испытан новый отечественный материал для изготовления лопаток авиационных двигателей [Электронный ресурс] : Новости / Turbinist.ru. – 2018. – URL:

- <https://www.turbunist.ru/56717-na-salyute-isyptan-novy-otechestvennyy-material-dlya-izgotovleniya-lopatok-aviacionnyh-dvigatelay.html> (дата обращения: 13.12.2023).
899. Закувасин А. «Новая парадигма развития»: как цифровые двойники изменяют авиационную отрасль России [Электронный ресурс] : Новости / РТ на русском. – 2020. – URL: <https://russian.rt.com/science/article/732661-cifrovoy-dvoynik-aviadvigatel-odk> (дата обращения: 13.12.2023).
 900. Цифровые и интеллектуальные технологии [Электронный ресурс] : Общая информация. – ОДК, 2023. – URL: <https://www.uecrus.com/innovations/tsifrovye-i-intellektualnye-tehnologii/> (дата обращения: 13.12.2023).
 901. Цифровой мотор [Электронный ресурс] : Блог / ОДК. Канал о двигателестроении | Дзен. – 2023. – URL: <https://dzen.ru/a/ZD5cXOIKAAgqwckh> (дата обращения: 13.12.2023).
 902. ОДК и ЦИАМ создадут цифровой двойник двигателя АИ-222-25 [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2021. – URL: <https://rostec.ru/news/odk-i-tsiam-sozdadut-tsifrovoy-dvoynik-dvigatelya-ai-222-25/> (дата обращения: 13.12.2023).
 903. AVIC: aes100 engine's first flight successful [Электронный ресурс] : News / EqualOcean. – 2021. – URL: <https://equalocean.com/briefing/20210727230063590> (дата обращения: 13.12.2023).
 904. Engine Aes100 Will be Equipped with «Rainbow» UAV [Электронный ресурс] : News / Ericco Inertial System. – 2022. – URL: <https://www.ericcointernational.com/news/engine-aes100-will-be-equipped-with-rainbow-uav.html> (дата обращения: 13.12.2023).
 905. Чжунго ханкун фадунци цзитуань – вочжоу фадунци 中国航空发动机集团–涡轴发动机 (Aero Engine Corporation of China – Турбовальный двигатель) [Электронный ресурс] : Чаньпинь цзешао 产品介绍 (Презентация продукции). – АЕСС, 2023. – URL: <https://www.aecc.cn/cpbw/cpgc/gzfdj/388964.shtml> (дата обращения: 13.12.2023).
 906. Тяжелые новости: двигатель China Aviation Development AES100 впервые успешно взлетел [Электронный ресурс] : Новости / JIDE. – 2021. – URL: <https://ru.jidemachinery.com/info/heavy-news-china-aviation-development-aes100-59906728.html> (дата обращения: 13.12.2023).
 907. Обзор проблем создания сверхзвукового пассажирского самолёта нового поколения в части силовой установки / А.Д. Алendarь [и др.] // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. – 2023. – Т. 22. – № 1. – С. 7-28.
 908. Фаворский О.Н. Развитие воздушно-реактивных двигателей для авиации высоких скоростей полета – синтез достижений различных отраслей науки и техники / О.Н. Фаворский, Р.И. Курзинер // Авиационные двигатели. – 2022. – № 3 (16). – С. 7-14.
 909. Oehlschlaeger M.A. Grand challenges in aerospace propulsion / M.A. Oehlschlaeger // Frontiers in Aerospace Engineering. – 2022. – № 1. – С. 4.
 910. Problems In Managing The Development Of Aircraft Engines [Электронный ресурс] : Report. – General Accounting Office, 1974. – URL: <https://www.gao.gov/assets/b-179166.pdf> (дата обращения: 13.12.2023).
 911. Фалалеев С.В. Современные проблемы создания двигателей летательных аппаратов / С.В. Фалалеев. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), 2012. – 106 с.
 912. The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search [Электронный ресурс] : General information. – Lens.org, 2023. – URL: <https://www.lens.org/lens/> (дата обращения: 27.12.2023).
 913. W02005100750 Method for designing a low-pressure turbine of an aircraft engine, and low-pressure turbine [Электронный ресурс] : Patent. – WIPO, 2023. – URL: <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=W02005100750> (дата обращения: 28.12.2023).

914. US20120234968A1 - Aircraft with freewheeling engine [Электронный ресурс] : Patent. – Google, 2023. – URL: <https://patents.google.com/patent/US20120234968A1/en> (дата обращения: 28.12.2023).
915. US7874513B1 - Apparatus and method for vertical take-off and landing aircraft [Электронный ресурс] : Patent. – Google, 2023. – URL: <https://patents.google.com/patent/US7874513B1/en> (дата обращения: 28.12.2023).
916. Campbell J.C. Latent Dirichlet Allocation: Extracting Topics from Software Engineering Data / J.C. Campbell, A. Hindle, E. Stroulia // *The Art and Science of Analyzing Software Data* / ред. С. Bird, Т. Menzies, Т. Zimmermann. – Waltham (USA): Morgan Kaufmann, 2016. – С. 139-159.
917. Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности : монография / А.И. Боровков [и др.]; ред. А.И. Боровков. – СПб: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – 492 с.
918. Kukushkin K. Digital Twins: A Systematic Literature Review Based on Data Analysis and Topic Modeling / К. Kukushkin, Y. Ryabov, A. Borovkov // *Data*. – 2022. – № 7 (12).
919. Систематический обзор научной литературы на основе анализа данных и тематического моделирования по цифровым двойникам: статья Алексея Боровкова, Кузьмы Кукушкина и Юрия Рябова опубликована в журнале *Data (MDPI)* [Электронный ресурс] : Новости. – Fea.ru, 2023. – URL: <https://fea.ru/news/8375> (дата обращения: 28.12.2023).
920. Pature N.P. Thermal barrier coatings for gas-turbine engine applications / N.P. Pature, M. Gell, E.H. Jordan // *Science*. – 2002. – № 296(5566):280-4.
921. US9771162B1 - On-board redundant power system for unmanned aerial vehicles - Google Patents [Электронный ресурс] : Patent. – Google, 2023. – URL: <https://patents.google.com/patent/US9771162B1/en> (дата обращения: 28.12.2023).
922. CA2692068C - Variable drive gas turbine engine [Электронный ресурс] : Patent. – Google, 2023. – URL: <https://patents.google.com/patent/CA2692068C/en> (дата обращения: 29.12.2023).
923. US9751626B2 - Micro hybrid generator system drone [Электронный ресурс] : Patent. – Google, 2023. – URL: <https://patents.google.com/patent/US9751626B2/en> (дата обращения: 29.12.2023).
924. Ju Y. Microscale combustion: Technology development and fundamental research / Y. Ju, K. Maruta // *Progress in Energy and Combustion Science*. – 2011. – Т. 37. – № 6. – С. 669-715.
925. Единая витрина поиска компаний, экспертов, инвестиций и мер поддержки, объединяющая сервисы НТИ «RADAR» [Электронный ресурс] : Общая информация. – RADAR Leader-ID, 2023. – URL: <https://radar.leader-id.ru/> (дата обращения: 02.11.2023).
926. Платформа НТИ запустила RADAR [Электронный ресурс] : Новости / ComNews. – 2023. – URL: <https://www.comnews.ru/content/228323/2023-08-23/2023-w34/platforma-nti-zapustila-radar> (дата обращения: 02.11.2023).
927. Leader-ID. Участники реестра НТИ [Электронный ресурс] : Общая информация. – Leader-ID, 2023. – URL: https://leader-id.ru/page/registrycompanynti_now (дата обращения: 02.11.2023).
928. ОДК разрабатывает двигатель для российских беспилотников [Электронный ресурс] : Новости / Aviation Explorer. – 2021. – URL: <http://www.aex.ru/news/2021/5/20/228697/> (дата обращения: 02.11.2023).
929. Объединенная двигателестроительная корпорация [Электронный ресурс] : Общая информация. – ОДК, 2023. – URL: <https://www.uecrus.com/about/structure/> (дата обращения: 02.11.2023).
930. Страница АО «ОДК» на сервисе «RADAR» [Электронный ресурс] : Общая информация. – RADAR Leader-ID, 2023. – URL: <https://radar.leader-id.ru/corporation/9815> (дата обращения: 02.11.2023).

931. ПАО «ОДК-Сатурн» [Электронный ресурс] : Общая информация. – ОДК-Сатурн, 2023. – URL: <https://www.uecrus.com/about/structure/pao-odk-saturn/> (дата обращения: 02.11.2023).
932. Страница АО «ОДК-АВИАДВИГАТЕЛЬ» на сервисе «RADAR» [Электронный ресурс] : Общая информация. – RADAR Leader-ID, 2023. – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/9814> (дата обращения: 02.11.2023).
933. АО «ОДК-Авиадвигатель» [Электронный ресурс] : Общая информация. – ОДК-Авиадвигатель, 2023. – URL: <https://www.avid.ru/about/activity/> (дата обращения: 02.11.2023).
934. Страница АО «ОДК-ПМ» на сервисе «RADAR» [Электронный ресурс] : Общая информация. – RADAR Leader-ID, 2023. – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/9813> (дата обращения: 02.11.2023).
935. АО «ОДК-Пермские моторы» [Электронный ресурс] : Общая информация. – ОДК-Пермские моторы, 2023. – URL: <https://perm-motors.ru/company/about/info/> (дата обращения: 02.11.2023).
936. Страница ООО «ПДТ» на сервисе «RADAR» [Электронный ресурс] : Общая информация. – RADAR Leader-ID, 2023. – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/12063> (дата обращения: 02.11.2023).
937. ООО «ПДТ» [Электронный ресурс] : Общая информация. – Сколково, 2023. – URL: <https://navigator.sk.ru/orn/1121959> (дата обращения: 02.11.2023).
938. Страница ООО «Проблемная лаборатория «Турбомашины» (ООО «ПЛТМ») на сервисе «RADAR» [Электронный ресурс] : Общая информация. – RADAR Leader-ID, 2023. – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/6873> (дата обращения: 02.11.2023).
939. Страница ООО «ВАСП ЭЙРКРАФТ» на сервисе «RADAR» [Электронный ресурс] : Общая информация. – RADAR Leader-ID, 2023. – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/8036> (дата обращения: 02.11.2023).
940. Страница ООО ОКБ «КУЛОН» на сервисе «RADAR» [Электронный ресурс] : Общая информация. – RADAR Leader-ID, 2023. – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/7043> (дата обращения: 02.11.2023).
941. ООО ОКБ «Кулон» [Электронный ресурс] : Общая информация. – ОКБ «Кулон», 2023. – URL: <http://okb-kulon.ru/kulon-about/> (дата обращения: 02.11.2023).
942. Страница ООО «СКБМ» на сервисе «RADAR» [Электронный ресурс] : Общая информация. – RADAR Leader-ID, 2023. – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/14276> (дата обращения: 02.11.2023).
943. Страница ООО «АЗАРТ» на сервисе «RADAR» [Электронный ресурс] : Общая информация. – RADAR Leader-ID, 2023. – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/8191> (дата обращения: 02.11.2023).
944. ООО «АЗАРТ» (участник проекта «Сколково») [Электронный ресурс] : Общая информация. – Сколково, 2023. – URL: <https://navigator.sk.ru/orn/1123493> (дата обращения: 02.11.2023).
945. ООО «АЗАРТ» [Электронный ресурс] : Общая информация. – AZart, 2023. – URL: <https://www.az69art.ru/> (дата обращения: 02.11.2023).
946. Страница ООО «ЕМЕ-АЭРО» на сервисе «RADAR» [Электронный ресурс] : Общая информация. – RADAR Leader-ID, 2023. – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/11943> (дата обращения: 02.11.2023).
947. Авиация. Авиационные электродвигатели для беспилотных авиационных систем АЕМ-08 [Электронный ресурс] : Каталог. – Электромомент, 2023. – URL: <https://electromoment.com/p-category/aviaciya/> (дата обращения: 02.11.2023).
948. Страница ООО «Аэрокон» на сервисе «RADAR» [Электронный ресурс] : Общая информация. –

- RADAR Leader-ID, 2023. – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/7233> (дата обращения: 02.11.2023).
949. ООО «Аэрокон» [Электронный ресурс] : Общая информация. – АЭРОНЕКСТ, 2023. – URL: <https://aeronext.aero/cpage/1770> (дата обращения: 02.11.2023).
950. Страница ООО «ЭЛЕКТРОИННОВАЦИИ» на сервисе «RADAR» [Электронный ресурс] : Общая информация. – RADAR Leader-ID, 2023. – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/11947> (дата обращения: 02.11.2023).
951. Страница ООО «КБ РУСЬ» на сервисе «RADAR» [Электронный ресурс] : Общая информация. – RADAR Leader-ID, 2023. – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/7366> (дата обращения: 02.11.2023).
952. ООО «КБ Руть» [Электронный ресурс] : Общая информация. – КБ Руть, 2023. – URL: <https://russianheli.ru> (дата обращения: 02.11.2023).
953. 3DToday: ВИАМ завершил проект «Тантал» [Электронный ресурс] : Новости. – Фонд Перспективных Исследований, 2021. – URL: <https://fpi.gov.ru/press/media/3dtoday-viam-zavershil-proekt-tantal/> (дата обращения: 02.11.2023).
954. Страница АО НПО «ОКБ ИМ. М.П. СИМОНОВА» на сервисе «RADAR» [Электронный ресурс] : Общая информация. – RADAR Leader-ID, 2023. – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/8322> (дата обращения: 02.11.2023).
955. Завершены стендовые испытания двигателя МГТД-150Э [Электронный ресурс] : Новости. – Фонд Перспективных Исследований, 2020. – URL: <https://fpi.gov.ru/press/news/zaversheny-stendovyye-isyptaniya-dvigatelya-mgtd-150e/> (дата обращения: 02.11.2023).
956. Состоялись летные испытания газотурбинного двигателя, изготовленного методом 3D-печати (видео) [Электронный ресурс] : Новости. – Фонд Перспективных Исследований, 2023. – URL: <https://fpi.gov.ru/press/news/sostoyalis-letnyie-isyptaniya-gazoturbinnogo-dvigatelya-izgotovlennogo-metodom-3d-pechat/> (дата обращения: 02.11.2023).
957. Страница ООО "Лаборатория электроприводов «Адапто» на сервисе «RADAR» [Электронный ресурс] : Общая информация. – RADAR Leader-ID, 2023. – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/11556> (дата обращения: 02.11.2023).
958. Страница ООО «Инэнерджи» на сервисе «RADAR» [Электронный ресурс] : Общая информация. – RADAR Leader-ID, 2023. – URL: <https://radar.leader-id.ru/company/6728> (дата обращения: 02.11.2023).
959. Приложение №1 «Перечень отдельных видов товаров, в отношении которых вводится временный запрет на вывоз»// Постановление Правительства РФ от 09.03.2022 N 311 (ред. от 08.09.2023) «О мерах по реализации Указа Президента Российской Федерации от 8 марта 2022 г. N 100». [Электронный ресурс] : Документ. – Консультант Плюс, 2022. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_411231/c0660e794fde96b0833efd4257e0fdd3205096d4/#dst100026 (дата обращения: 02.11.2023).
960. Годовой отчет Акционерного общества «Авиационная промышленность» - АО «Авиапром» по итогам деятельности за 2021 год [Электронный ресурс] : Годовой отчет. – Авиапром, 2022. – URL: <https://www.aviaprom.pro/jdownloads/2022/godovoj-otchet-za-2021-g-ao-aviaprom-1.pdf> (дата обращения: 02.11.2023).
961. Команда «На взлет»: о статусе российской авиапрограммы [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2023. – URL: <https://rostec.ru/news/komanda-na-vzlet-o-statuse-rossiyskoy-aviaprogrammy/> (дата обращения: 02.11.2023).
962. Двигатель ПД-8 впервые запустили на самолете Superjet 100 [Электронный ресурс] : Новости / Aviation Explorer. – 2023. – URL: <http://www.aex.ru/news/2023/10/12/262920/> (дата

- обращения: 02.11.2023).
963. Газогенератор двигателя ПД-35 покажут на МАКС-2023 » Авиация России [Электронный ресурс] : Новости / Авиация России. – 2023. – URL: <https://aviation21.ru/gazogenerator-dvigatelya-pd-35-pokazhut-na-maks-2023/> (дата обращения: 02.11.2023).
964. Андреев Н. В РФ представили проект производства двигателей ПД-35 [Электронный ресурс] : Новости / MASHNEWS. – 2022. – URL: <https://mashnews.ru/v-rf-predstavili-proekt-proizvodstva-dvigatelej-pd-35.html> (дата обращения: 02.11.2023).
965. Гусаров Р. ВК-1600В – экономичнее, легче, дешевле [Электронный ресурс] : Новости / Aviation Explorer. – 2021. – URL: <http://www.aex.ru/docs/3/2021/9/19/3310/> (дата обращения: 02.11.2023).
966. Ростех до конца года изготовит 10 вертолетных двигателей ВК-650В для испытаний [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2023. – URL: <https://rostec.ru/news/rostekh-do-kontsa-goda-izgotovit-10-vertoletnykh-dvigatelyey-vk-650v-dlya-isyptaniy/> (дата обращения: 02.11.2023).
967. Летные испытания российского двигателя для «Ансатов» и Ка-226 могут начать в 2024 году [Электронный ресурс] : Новости / Интерфакс. – 2023. – URL: <https://www.interfax.ru/russia/930698> (дата обращения: 14.12.2023).
968. ОДК планирует перейти к летным испытаниям демонстратора ГСУ в горизонте двух лет [Электронный ресурс] : Новости / Aviation Explorer. – 2023. – URL: <http://www.aex.ru/news/2023/8/24/261177/> (дата обращения: 15.12.2023).
969. В России испытали демонстратор двигателя для перспективных орбитальных самолетов [Электронный ресурс] : Новости / ТАСС. – 2021. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/11103513> (дата обращения: 02.11.2023).
970. Проект платформы «Распределенные силовые установки» (ООО «ПЛ ТМ») [Электронный ресурс] : Общая информация. – ПЛ ТМ, 2023. – URL: <http://pltm.org/technologies/1/> (дата обращения: 02.11.2023).
971. Программа Аэротакси AERIS [Электронный ресурс] : Общая информация. – Университет 2035, 2023. – URL: <https://pt.2035.university/project/programma-aerotaksi-aeris> (дата обращения: 02.11.2023).
972. Транспортная БАС Pegasus-50 с грузоподъемностью 50 кг [Электронный ресурс] : Общая информация. – ОКБ «Кулон», 2023. – URL: <http://okb-kulon.ru/technologies/razrabotka-transportnoj-bespilotnoj-aviacionnoj-sistemy-pegasus-50-gruzopodyomnostyu-50-kg/> (дата обращения: 02.11.2023).
973. Разработка всепогодного грузового беспилотного воздушного судна (БВС) с грузоподъемностью до 50 кг эксплуатационной серии БВС «Т-ВАС» [Электронный ресурс] : Общая информация. – Университет 2035, 2023. – URL: <https://pt.2035.university/project/razrabotka-vsepegodnogo-gruzovogo-bespilotnogo-vozdušnogo-sudna-bvs-s-gruzopodemnostu-do-50-kg-ekspluatacionnoj-serii-bvs-t-bas> (дата обращения: 02.11.2023).
974. Концепция проекта Т-БАС. Создание автономных сетей беспилотной аэродоставки грузов. [Электронный ресурс] : Новости. – ОКБ «Кулон», 2023. – URL: <http://okb-kulon.ru/news/proekt-ro-sozdaniyu-avtonomnoj-transportnoj-infrastruktury-bas/> (дата обращения: 02.11.2023).
975. Ракета-носитель предельных параметров сверхлегкого класса с воздушно-ракетным двигателем 2В&Р [Электронный ресурс] : Общая информация. – Университет 2035, 2023. – URL: <https://pt.2035.university/project/raketa-nositel-predelnyh-parametrov-sverhlegkogo-klassa-s-vozdušno-raketnym-dvigatелем-2bp> (дата обращения: 02.11.2023).
976. Силовая установка на основе малогабаритного двигателя внутреннего сгорания повышенной

- энерговооруженности собственной разработки [Электронный ресурс] : Общая информация. – Университет 2035, 2023. – URL: <https://pt.2035.university/project/silovaa-ustanovka-na-osnove-malogabaritnogo-dvigatela-vnutrennego-sgorania-povyshennoj-energovooruzennosti-sobstvennoj-razrabotki> (дата обращения: 02.11.2023).
977. Инновационный многотопливный (водородный) двигатель внутреннего сгорания [Электронный ресурс] : Презентация. – AZart, 2023. – URL: https://www.az69art.ru/gallery/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%A0%D0%9B%D0%94_2023.pdf (дата обращения: 02.11.2023).
978. Электродвигатель для БВС «EM-07» [Электронный ресурс] : Общая информация. – Университет 2035, 2023. – URL: <https://pt.2035.university/project/em-07> (дата обращения: 02.11.2023).
979. Электродвигатель для БВС «АЕМ-08-ER» [Электронный ресурс] : Общая информация. – Университет 2035, 2023. – URL: <https://pt.2035.university/project/aem-08-er> (дата обращения: 14.12.2023).
980. Участие в «Аэронет 2035» [Электронный ресурс] : События / Электромомент. – 2022. – URL: <https://electromoment.com/portfolio/uchastiye-v-aeronet-2035/> (дата обращения: 02.11.2023).
981. Рабочий прототип инновационного синхронного электродвигателя со статором из полимерного композита [Электронный ресурс] : Общая информация. – Университет 2035, 2023. – URL: <https://pt.2035.university/project/rabocij-prototip-innovacionnogo-sinhronnogo-elektrodvigatela-so-stratorom-iz-polimernogo-kompozita> (дата обращения: 02.11.2023).
982. R-654 - Роторно-поршневой двигатель для БВС [Электронный ресурс] : Общая информация. – Университет 2035, 2023. – URL: <https://pt.2035.university/project/rd-654> (дата обращения: 02.11.2023).
983. Подготовлена технологическая база для производства ТРД АЖ–22 из российских комплектующих [Электронный ресурс] : Новости / АЭРОНЕКСТ. – 2023. – URL: https://aeronext.aero/press_room/news/152096 (дата обращения: 02.11.2023).
984. Турбореактивный двигатель для высокоскоростных беспилотников AeroKonJet-40 [Электронный ресурс] : Продукты. – Аэронет, 2023. – URL: <https://xn--2035-43d4a7chr0j.xn--p1ai/c/tproduct/515704499-434160497051-aerokonjet-40> (дата обращения: 02.11.2023).
985. Контроллер управления электроприводом электротранспортного средства «Адапто» [Электронный ресурс] : Общая информация. – Университет 2035, 2023. – URL: <https://pt.2035.university/project/kontroller> (дата обращения: 02.11.2023).
986. ООО "Лаборатория электроприводов «Адапто» [Электронный ресурс] : Общая информация. – Адапто, 2023. – URL: <https://adaptto.ru/> (дата обращения: 02.11.2023).
987. АД-25-10 - Авиационный электродвигатель для беспилотного аэротакси [Электронный ресурс] : Общая информация. – Университет 2035, 2023. – URL: <https://pt.2035.university/project/ad-25-10> (дата обращения: 02.11.2023).
988. Энергоустановка для БАС малой размерности [Электронный ресурс] : Общая информация. – Университет 2035, 2023. – URL: <https://pt.2035.university/project/energoustanovka-dla-bas-malnoj-razmernosti> (дата обращения: 02.11.2023).
989. ОДК-Сатурн снизило на треть стоимость изготовления деталей двигателей [Электронный ресурс] : Новости. – ОДК, 2023. – URL: <https://www.uecrus.com/press/odk-saturn-snizilo-na-tret-stoimost-izgotovleniya-detaley-dvigatelay/> (дата обращения: 27.12.2023).
990. Авиадвигатель ТВ7-117СТ-01 разработки «ОДК-Климов» получил сертификат типа [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2023. – URL: <https://rostec.ru/news/aviadvigatel-tv7-117st-01-razrabotki-odk-klimov-poluchil-sertifikat-tipa/> (дата обращения: 27.12.2023).
991. DRDO is ready to develop various engine classes for UAVs and marine propulsion systems, says

- Chairman S Kamat [Электронный ресурс] : Blog / Financialexpress. – 2023. – URL: <https://www.financialexpress.com/business/defence-drdo-is-ready-to-develop-various-engine-classes-for-uavs-and-marine-propulsion-systems-says-chairman-s-kamat-2957222/> (дата обращения: 27.12.2023).
992. Российские ученые разработали новый способ создания композитов для авиации [Электронный ресурс] : Новости / РИА Новости. – 2023. – URL: <https://ria.ru/20230210/samolet-1851002616.html> (дата обращения: 27.12.2023).
993. Ученые ДВФУ и МАИ разрабатывают новые технологии создания композитов для авиации [Электронный ресурс] : Новости / ДВФУ. – 2023. – URL: https://www.dvfu.ru/news/fefu-news/uchenye_dvfu_i_mai_razrabatyvayut_novye_tekhnologii_sozdaniya_kompozitov_dlya_aviatsii/ (дата обращения: 28.12.2023).
994. New Two Stroke Hybrid Engine for UAVs [Электронный ресурс] : News / Unmanned Systems Technology. – 2023. – URL: <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2023/02/new-two-stroke-hybrid-engine-for-uavs/> (дата обращения: 27.12.2023).
995. Warwick G. Safran Tests Hybrid-Electric Turboprop [Электронный ресурс] : News / Aviation Week Network. – 2023. – URL: <https://aviationweek.com/aerospace/emerging-technologies/safran-tests-hybrid-electric-turboprop> (дата обращения: 27.12.2023).
996. Росавиация одобрила изменение типовой конструкции пермского двигателя ПД-14! [Электронный ресурс] : Новости. – ОДК-Авиадвигатель, 2023. – URL: https://vk.com/wall-72446467_2669 (дата обращения: 27.12.2023).
997. Кормашова М. Росавиация одобрила изменение типовой конструкции ПД-14 [Электронный ресурс] : Новости / MASHNEWS. – 2023. – URL: <https://mashnews.ru/rosaviacziya-odobrila-izmenenie-tipovoj-konstrukcii-pd-14.html> (дата обращения: 27.12.2023).
998. Фомин А. Двигатель ВК-800СМ для самолета ЛМС-901 «Байкал» планируется сертифицировать к концу 2024 года [Электронный ресурс] : Новости / Взлет. – 2023. – URL: <http://www.take-off.ru/item/4534-dvigatel-vk-800sm-dlya-samoleta-lms-901-bajkal-planiruetsya-sertifitsirovat-k-kontsu-2024-goda> (дата обращения: 27.12.2023).
999. «Зависит дальнейшее развитие воздушных линий»: как создаётся новый российский авиадвигатель ВК-800СМ [Электронный ресурс] : Новости / RT на русском. – 2023. – URL: <https://russian.rt.com/russia/article/1133676-dvigatel-vk-800sm-bajkal-uzga> (дата обращения: 27.12.2023).
1000. Rolls-Royce Rolls Out The World's Biggest Commercial Engine [Электронный ресурс] : News / Aviation Week Network. – 2023. – URL: <https://aviationweek.com/air-transport/rolls-royce-rolls-out-worlds-biggest-commercial-engine> (дата обращения: 27.12.2023).
1001. Flaherty N. Startup launches quiet electric duct engines for commercial drones [Электронный ресурс] : News / eeNews Europe. – 2023. – URL: <https://www.eenewseurope.com/en/startup-launches-quiet-electric-duct-engines-for-commercial-drones/> (дата обращения: 27.12.2023).
1002. IPM5 Electric Jet Engine is Launched [Электронный ресурс] : News / Greenjets. – 2023. – URL: <https://www.greenjets.com/ipm5-electric-jet-engine-is-launched> (дата обращения: 27.12.2023).
1003. Pratt & Whitney Canada Launches PW545D Engine to Power New Cessna Citation Ascend [Электронный ресурс] : News. – RTX, 2023. – URL: <https://www.rtx.com/news/news-center/2023/05/22/pratt-whitney-canada-launches-pw545d-engine-to-power-new-cessna-citation-ascend> (дата обращения: 27.12.2023).
1004. Российские ученые разработали свой двигатель для беспилотников [Электронный ресурс] : Новости / Российская газета. – 2023. – URL: <https://rg.ru/2023/06/07/reg-pfo/stuchit-serdce-drona.html> (дата обращения: 27.12.2023).

1005. Pratt & Whitney, Awiros Introduce AI-Based Aircraft Engine Analysis Tool [Электронный ресурс] : News / TheDefencePost. – 2023. – URL: <https://www.thedefensepost.com/2023/06/23/pratt-whitney-aircraft-engine-analysis-awiros/> (дата обращения: 27.12.2023).
1006. Rolls-Royce and Ansys reduce simulation time for aero-engine development [Электронный ресурс] : News / Aerospace Testing International. – 2023. – URL: <https://www.aerospacetestinginternational.com/news/engine-testing/rolls-royce-and-ansys-reduce-simulation-time-for-aero-engine-development.html> (дата обращения: 27.12.2023).
1007. Pratt & Whitney on track to complete F135 Engine Core Upgrade preliminary design review and move into detailed design phase in early 2024 [Электронный ресурс] : News. – RTX, 2023. – URL: <https://www.rtx.com/news/news-center/2023/06/19/pratt-whitney-on-track-to-complete-f135-engine-core-upgrade-preliminary-design> (дата обращения: 27.12.2023).
1008. RTX advances hybrid-electric propulsion demonstrator with 1MW motor rated power milestone test [Электронный ресурс] : News. – RTX, 2023. – URL: <https://www.rtx.com/news/news-center/2023/06/19/rtx-advances-hybrid-electric-propulsion-demonstrator-with-1mw-motor-rated-power-m> (дата обращения: 27.12.2023).
1009. Инженеры Политеха разрабатывают новый двигатель для беспилотников [Электронный ресурс] : Новости. – СПбПУ Петра Великого, 2023. – URL: https://www.spbstu.ru/media/news/nauka_i_innovatsii/inzhenery-politekha-razrabatyvayut-novyyu-dvigatel-dlya-bespilotnikov/ (дата обращения: 26.12.2023).
1010. Ростех на «Армии-2023» впервые представил перспективный авиадвигатель СМ-100 [Электронный ресурс] : Новости / AVIA RU Network. – 2023. – URL: <https://www.aviaru.net/pr/69516/> (дата обращения: 26.12.2023).
1011. Кормашова М. Специалисты ОДК-Сатурн нашли способ ускорить обработку лопаток авиадвигателей [Электронный ресурс] : Новости / MASHNEWS. – 2023. – URL: <https://mashnews.ru/speczialisty-odk-saturn-nashli-sposob-uskorit-obrabotku-lopatok-aviadvigatalej.html> (дата обращения: 26.12.2023).
1012. В России развернут серийное производство электродвигателей для БПЛА [Электронный ресурс] : Новости / РИА Новости. – 2023. – URL: <https://ria.ru/20230918/bpla-1896915797.html> (дата обращения: 26.12.2023).
1013. Росавиация расширила возможности эксплуатации двигателя ТВ7-117СТ-01 [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2023. – URL: <https://rostec.ru/news/rosaviatsiya-rasshirila-vozmozhnosti-ekspluatatsii-dvigatelya-tv7-117st-01/> (дата обращения: 26.12.2023).
1014. Explosive engine test with drone could propel China to supersonic age [Электронный ресурс] : Threads / Pakistan Defence. – 2023. – URL: <https://pdf.defence.pk/threads/explosive-engine-test-with-drone-could-propel-china-to-supersonic-age.776565/> (дата обращения: 26.12.2023).
1015. Explosive engine test with drone could propel China to supersonic age [Электронный ресурс] : Blog / China - World Leader, Quora. – 2023. – URL: <https://chinaworldleader.quora.com/https-everythingchina-quora-com-https-www-scmp-com-news-china-science-article-3235502-explosive-engine-test-drone-coul> (дата обращения: 26.12.2023).
1016. Rolls-Royce hydrogen research project sets new world industry first with key milestone success [Электронный ресурс] : Media. – Rolls-Royce, 2023. – URL: <https://www.rolls-royce.com/media/our-stories/discover/2023/rr-hydrogen-research-project-sets-new-world-industry-first-with-key-milestone-success.aspx> (дата обращения: 26.12.2023).
1017. Петербургский завод выпустил тестовую партию двигателей для дронов [Электронный ресурс] : Новости / Деловой Петербург. – 2023. – URL: <https://www.dp.ru/a/2023/10/05/peterburgskij-zavod-vipustil> (дата обращения: 26.12.2023).
1018. Гендиректор ОДК рассказал о взрывном росте двигателестроения для авиации и

- промышленности [Электронный ресурс] : Новости. – ОДК, 2023. – URL: <https://www.uecrus.com/press/gendirektor-odk-rasskazal-o-vzryvnom-roste-dvigatellestroeniya-dlya-aviatsii-i-promyshlennosti/> (дата обращения: 26.12.2023).
1019. ОДК намерена произвести 40 двигателей ПД-8 в 2024 году [Электронный ресурс] : Новости / vz-nn.ru. – 2023. – URL: <https://vz-nn.ru/news/promyshlennost/56837/> (дата обращения: 26.12.2023).
1020. В 2024 году планируют выпустить более 40 двигателей ПД-8 [Электронный ресурс] : Новости / ТАСС. – 2023. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/18995881> (дата обращения: 26.12.2023).
1021. Szondy D. Raytheon to build revolutionary rotating detonation engine for DARPA [Электронный ресурс] : News / New Atlas. – 2023. – URL: <https://newatlas.com/military/raytheon-to-build-revolutionary-rotating-detonation-engine-for-darpa/> (дата обращения: 26.12.2023).
1022. Communications R.C. Raytheon: RTX to develop rotating detonation engine for DARPA [Электронный ресурс] : News. – RTX, 2023. – URL: <https://raytheon.mediaroom.com/2023-10-04-RTX-to-develop-rotating-detonation-engine-for-DARPA> (дата обращения: 26.12.2023).
1023. Ростех создает более 20 «умных» цехов по производству авиадвигателей для гражданской авиации [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2023. – URL: <https://t.me/rostecru/6481> (дата обращения: 26.12.2023).
1024. Дилимбетов О. Авиадвигатели будут делать в Умных цехах [Электронный ресурс] : Новости / MASHNEWS. – 2023. – URL: <https://mashnews.ru/aviadvigateli-budut-delat-v-umnyix-czhexah.html> (дата обращения: 26.12.2023).
1025. Мягченко О. Уфимские инженеры разработали электродвигатель для беспилотников большой грузоподъемности [Электронный ресурс] : Новости / MASHNEWS. – 2023. – URL: <https://mashnews.ru/ufimskie-inzheneryi-razrabotali-elektrodvigatel-dlya-bespilotnikov-bolshoj-gruzopodemnosti.html> (дата обращения: 26.12.2023).
1026. Лучкова А. В «Военмехе» разработали линейку двигателей для беспилотников [Электронный ресурс] : Новости / spbdnevnik.ru. – 2023. – URL: <https://spbdnevnik.ru/news/2023-11-09/v-voenmehe-razrabotali-lineyku-dvigatelay-dlya-bespilotnikov> (дата обращения: 26.12.2023).
1027. Инженеры ОДК-Сатурн внедрили ротационную сварку авиационных двигателей [Электронный ресурс] : Новости. – ОДК, 2023. – URL: <https://www.uecrus.com/press/company/pao-odk-saturn/inzhenery-odk-saturn-vnedrili-rotatsionnuyu-svarku-aviatsionnykh-dvigatelay/> (дата обращения: 26.12.2023).
1028. Aero engines on display showcase Chinese aviation's potential [Электронный ресурс] : News / China Daily. – 2023. – URL: <https://www.china-daily.com.cn/a/202311/25/WS65613c1fa31090682a5f002d.html> (дата обращения: 26.12.2023).
1029. В МАИ разрабатывают покрытие для повышения срока службы авиадвигателей [Электронный ресурс] : Новости. – МАИ, 2023. – URL: <https://mai.ru//press/news/detail.php?ID=177387> (дата обращения: 26.12.2023).
1030. Двойное сердце: гибридные двигатели для авиации [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2023. – URL: <https://rostec.ru/news/dvoynoe-serdtse-gibridnye-dvigateli-dlya-aviatsii/> (дата обращения: 26.12.2023).
1031. RTX's Pratt & Whitney Canada and Gulfstream successfully complete first 100% SAF transatlantic flight with G600 business jet powered by PW800 engines [Электронный ресурс] : News. – RTX, 2023. – URL: <https://www.rtx.com/news/news-center/2023/11/20/rtxs-pratt-whitney-canada-and-gulfstream-successfully-complete-first-100-saf> (дата обращения: 26.12.2023).

1032. Ростех проведет испытания авиадвигателя ПД-35 в начале следующего года [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2023. – URL: <https://t.me/rostecru/6738> (дата обращения: 26.12.2023).
1033. В Ростехе сообщили о планах проведения испытаний авиадвигателя ПД-35 в начале 2024 года [Электронный ресурс] : Новости / ТАСС. – 2023. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/19430755> (дата обращения: 26.12.2023).
1034. Турбовинтовой двигатель для ТВС-2МС создадут методом реверс-инжиниринга » [Электронный ресурс] : Новости / Авиация России. – 2023. – URL: <https://aviation21.ru/turbovintovoj-dvigatel-dlya-tvs-2ms-sozdadut-metodom-revers-inzhiniringa/> (дата обращения: 26.12.2023).
1035. Ростех перевел ПД-14 в цифру [Электронный ресурс] : Новости. – Ростех, 2023. – URL: <https://t.me/rostecru/6816> (дата обращения: 26.12.2023).
1036. Авиадвигатель ПД-14 в «цифре» [Электронный ресурс] : Новости. – ОДК, 2023. – URL: https://t.me/uecrus_official/420 (дата обращения: 26.12.2023).
1037. В систему ППО двигателя ПД-14 внедряют интерактивную документацию » [Электронный ресурс] : Новости / Авиация России. – 2023. – URL: <https://aviation21.ru/v-sistemu-ppo-dvigatelya-pd-14-vnedryayut-interaktivnuyu-dokumentaciju/> (дата обращения: 26.12.2023).
1038. «Альтернатива импортным поставкам»: российский разработчик — о новых поршневых двигателях для малой авиации и БПЛА [Электронный ресурс] : Новости / УУНиТ. – 2023. – URL: <https://uust.ru/news/get/alternativa-importnym-postavkam-rossijskij-razrabotchik-o-novyh-porshnevyyh-dvigatelyah-dlya-maloy-aviacii-i-bpla/> (дата обращения: 26.12.2023).
1039. «Альтернатива импортным поставкам»: российский разработчик — о новых поршневых двигателях для малой авиации и БПЛА [Электронный ресурс] : Новости / RT на русском. – 2023. – URL: <https://russian.rt.com/russia/article/1247122-ufa-universitet-porshnevye-dvigateli> (дата обращения: 26.12.2023).

ОБ ИНФРАСТРУКТУРНОМ ЦЕНТРЕ НТИ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНЕТ» СПБПУ

Инфраструктурный центр НТИ по направлению «Технет» СПбПУ (далее – Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ) создан в ноябре 2022 года по итогам конкурсного отбора инфраструктурных центров направлений Национальной технологической инициативы (НТИ).

Деятельность Инфраструктурного центра «Технет» СПбПУ направлена на поддержку проектов, популяризацию технологий, разработку нормативных правовых актов, а также проведение аналитических исследований, в том числе в области цифровой трансформации промышленных компаний.

Программа Инфраструктурного центра «Технет» СПбПУ реализуется с целью формирования и развития институциональной среды, обеспечивающей устойчивое формирование комплекса ключевых компетенций, обеспечивающих интеграцию отечественных передовых производственных технологий (ППТ) и бизнес-моделей для их распространения в качестве «Фабрик Будущего» первого и последующего поколений и нацеленных на создание глобально конкурентоспособной кастомизированной / персонализированной продукции нового поколения для рынков НТИ и высокотехнологичных отраслей промышленности в контексте национальных стратегических приоритетов импортонезависимости и технологического суверенитета РФ.

Достижению поставленной цели способствует выполнение следующих задач:

1. Поэтапное совершенствование нормативной правовой базы в целях устранения барьеров для использования передовых технологических решений и создания системы стимулов для их внедрения.
2. Развитие системы профессиональных сообществ и популяризация Национальной технологической инициативы.
3. Организационно–техническая и экспертно–аналитическая поддержка, информационное обеспечение Национальной технологической инициативы.
4. Создание механизмов акселерации компаний Национальной технологической инициативы и механизмов экспортного продвижения создаваемых продуктов.



*Боровков Алексей Иванович
Мартынец Екатерина Романовна
Щербина Людмила Александровна
Прытков Николай Игоревич
Корчевская Анастасия Андреевна
Хуторцова Анастасия Тимофеевна
Рябов Юрий Александрович
Кукушкин Кузьма Викторович*

**ТРЕНДЫ И СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ РЫНКА
АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ВКЛЮЧАЯ ДВИГАТЕЛИ
БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ,
В 2023 ГОДУ**

ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ДОКЛАД

Монография

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 – научная и производственная литература

Подписано в печать 28.12.2023. Формат 60×84/8. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 25,5. Тираж 100. Заказ 6495.

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного авторами,
в Издательско-полиграфическом центре Политехнического университета.

195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

Тел.: (812) 552-77-17; 550-40-14.