
ӘУЕ КӨЛІГІ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ВОЗДУШНЫЙ ТРАНСПОРТ И ТЕХНОЛОГИИ
AIR TRANSPORT AND TECHNOLOGY

МРНТИ 73.37.01

[https://doi.org 10.53364/24138614_2024_32_1_10](https://doi.org/10.53364/24138614_2024_32_1_10)

¹М.Е. Алексеева*, ¹Р.И. Алексеев

¹Белорусская государственная академия авиации, г. Минск, Беларусь

*E-mail: mariaalex.2017@mail.ru

ОБЗОР ПРОГРАММЫ CLEAN AVIATION («ЧИСТАЯ АВИАЦИЯ»). ЕЕ РОЛЬ В СНИЖЕНИИ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АВИАТРАНСПОРТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

***Аннотация.** В данной статье выполнен обзор европейской инновационной научно-технической программы Clean Aviation, ее ключевых направлений, показаны некоторые промежуточные результаты, приведен список проектов и разрабатываемых продуктов и технологий. Целью работы является описание сущности современных тенденций в области развития авиастроения, рассмотрение инновационных решений и технологий, применяемых для сокращения вредного воздействия авиационного транспорта на окружающую среду. Авторы приходят к выводу о значительности вклада совместной инициативы Clean Aviation, как примера государственно-частного и регионального сотрудничества, в реализацию долгосрочных целей по достижению уровня нулевых выбросов к 2050 г.*

***Ключевые слова:** программа Clean Aviation, государственно-частное партнерство, инновационные технологии, водородные и гибридно-электрические силовые установки, региональная авиация, самолеты малой и ближне-средней дальности.*

***Введение.** Совместная инициатива Clean Aviation — это ведущая европейская инновационная научно-техническая программа, которая включает в себя проведение исследований и разработку технологий, обеспечивающих создание воздушных судов следующего поколения, соответствующих перспективным требованиям в области защиты окружающей среды, что способствует реализации долгосрочных целей IATA, ATAG и ICAO по достижению климатической нейтральности к 2050 г.*

***Основная часть.** Программа Clean Aviation была запущена в 2021 г. и построена на трех ключевых направлениях, каждое из которых включает*

целевые исследования и конкретные разработки, способствующие повышению энергоэффективности и сокращению вредных выбросов самолетов будущего.

Первым из направлений является разработка гибридно-электрического регионального самолета. Данная задача включает в себя продвижение исследований и инноваций в области гибридно-электрических энергетических архитектур и их интеграцию, а также развитие технологий для последующего внедрения новых концепций бортовых энергосистем и систем управления полетом.

Второе направление – это высокоэффективные самолеты малой и ближне-средней дальности. Этот вектор сконцентрирован на удовлетворении потребностей авиаперевозчиков в самолетах малой и ближне-средней дальности за счет усовершенствованной конструкции планера (высокое аэродинамическое качество, легкие материалы, современные системы управления и оборудование, энергосистемы), использования силовых установок с высоким КПД (инновационная архитектура двигателя, тепловая и тяговая эффективность, усовершенствованные технологии сгорания топлива, современные материалы, электрификация) и радикального повышения топливной экономичности.

Все эти факторы будут способствовать дальнейшему безболезненному переходу к источникам энергии с низкими/нулевыми выбросами, таким как синтетические топлива и жидкий водород, производство которых на первоначальном этапе будет более энергоемким и дорогим, следовательно, данные виды топлива некоторое время будут доступны только в ограниченных количествах.

Третьим направлением является использование передовых технологий для создания самолетов с двигателями, работающими на жидком водороде в качестве потенциального альтернативного безуглеродного топлива.

Результаты разработок по всем вышеперечисленным направлениям будут внедряться в производство новых самолетов в зависимости от степени их завершенности, технологических возможностей, требований к характеристикам, а также их достижимого роста для конечного продукта [5].

Целевые характеристики для категорий воздушных судов, выбранных для разработки в рамках программы Clean Aviation, приведены ниже (в таблице 1).

Таблица 1. Целевые характеристики для категорий воздушных судов, выбранных для разработки в рамках программы Clean Aviation.

Класс воздушного судна	Ключевые технологии и архитектуры, подлежащие разработке и внедрению в производство воздушных судов	Возможность ввода в эксплуатацию	Сокращение расхода топлива (на основе технологий) ¹	Сокращение выбросов (полное, т.е., включая топливный эффект) ²	Текущий вклад в общий объем выбросов среди авиационного транспорта
------------------------	---	----------------------------------	--	---	--

Региональный самолет	Гибридно-электрическая силовая установка в сочетании с высокоэффективной компоновкой самолета.	~2035	-50%	-90%	~5%
Пассажирские самолеты малой и ближне-средней дальности	Усовершенствованная конструкция планера и сверхэффективные газотурбинные двигатели, со сверхвысокой степенью двухконтурности. (возможно, винтовентиляторных)	~2035	-30%	-86%	~50%

1. Целевое сокращение расхода топлива определяется по сравнению с современными самолетами, произведенными в 2020 г., доступными для заказа/поставки.
2. Предполагаемое использование SAF в качестве авиатоплива для ТРД позволит сократить выбросы CO₂ на 80%, а применение электродвигателей сократит их до нуля.

Примечание – Источник: [5]

Согласно поставленным целям для того, чтобы достичь климатической нейтральности к 2050 г., мировая авиация должна ввести в эксплуатацию воздушные суда следующего поколения к середине ближайшего десятилетия. Для того чтобы это произошло, новые революционные технологические решения в рамках программы Clean Aviation, должны быть представлены уже до 2030 г.

В настоящее время наибольшая необходимость сделать авиаперелеты более экологичными имеется в сегменте ближне-среднемагистральных перевозок, поскольку около 55% выбросов авиатранспорта производятся на маршрутах протяженностью менее 4000 км. Поэтому Clean Aviation прежде всего сфокусирована именно на секторе региональных и ближне-среднемагистральных пассажирских самолетов, однако некоторые из разрабатываемых технологий можно масштабировать для использования в дальнемагистральных авиалайнерах, на долю которых приходится около 45% текущих выбросов CO₂.

Планируемый общий бюджет программы составит порядка 4,1 млрд евро (1,7 млрд – государственное финансирование, 2,4 млрд – частные инвестиции), которые будут направлены на разработку более 20 проектов в области электрических силовых установок, конструкции водородных и гибридных газовых турбин, а также следующего поколения топливных элементов высокой мощности. К 2025 г. планируется ускорение темпов разработки и внедрения

вышеупомянутых технологий, что позволит начать их полноценные наземные и летные испытания с 2026 г.

На практике это означает, что при необходимом уровне технологической и промышленной готовности, программа Clean Aviation позволит обновить к 2050 г. до 75% мирового парка гражданской авиации.

Решающее значение в осуществлении данной программы имеет государственно-частное партнерство, которое позволяет использовать опыт и ресурсы как государственного, так и частного секторов. Совместная инициатива Clean Aviation объединяет около 300 организаций, представляющих 24 государства. Программа основана на интенсивном сотрудничестве между крупными промышленными концернами, малыми и средними предприятиями, исследовательскими центрами и университетами, включая Европейское агентство по авиационной безопасности (EASA) [3].

Примером такого сотрудничества может послужить коллаборация крупнейшего европейского аэрокосмического концерна Airbus и французской компании Liebherr-Aerospace Toulouse SAS в области разработки первого в мире пассажирского самолета с водородным двигателем. Помимо производства целого ряда авиационных комплектующих, Liebherr-Aerospace занимается созданием системы подачи воздуха для топливных элементов, предназначенной для двигателей водородных самолетов Airbus.

В рамках первой фазы работ по проекту под названием Airbus ZEROe компания Liebherr-Aerospace разработала и поставила Airbus функционирующий прототип системы подачи воздуха для силовой установки на базе водородно-воздушных топливных элементов мощностью 1 МВт, который уже установлен на испытательном полигоне Airbus. В рамках начавшейся второй фазы работ Liebherr-Aerospace должна спроектировать прототип системы подачи воздуха для силовой установки на базе водородных топливных элементов с учетом требований по безопасности полетов, компоновочных ограничений в мотогондоле вблизи силовой установки и других эксплуатационных факторов. Прототип второго этапа будет участвовать в летных испытаниях силовой установки на базе водородно-воздушных топливных элементов в 2025 г [4].

Кроме этого, Airbus и совместное предприятие CFM International подписали партнерское соглашение о работе над программой по созданию газотурбинной силовой установки с непосредственной подачей водорода. Данная силовая установка будет наиболее эффективна для использования на узкофюзеляжных самолетах с дальностью полета до 2000 км и вместимостью до 100 пассажиров.

Предприняты определенные шаги и в направлении разработки регионального самолета с высокоэффективной компоновкой, оснащенного гибридно-электрической силовой установкой. Например, шведская компания Heart Aerospace в сотрудничестве с британским оборонным концерном BAE Systems с 2018 г. ведет разработку гибридно-электрического регионального самолета Heart ES-30 рассчитанного на 30 пассажиров.

ES-30 будет оборудован четырьмя электродвигателями, оснащенными воздушными винтами, которые питаются как от аккумуляторной батареи, так и от двух резервных турбогенераторов, работающих на экологичном авиационном топливе (SAF). При питании электродвигателей только от аккумуляторной батареи с 30 пассажирами на борту самолет будет иметь дальность полета порядка 200 км, при переходе на гибридную силовую установку – 400 км, а при вместимости 25 человек – 800 км.

Разработка самолета Heart Aerospace ведется в соответствии с сертификационным стандартом EASA CS-25, а его ввод в эксплуатацию ожидается в 2026-2028 гг. На текущий момент собрано 230 предварительных заказов на ES-30, что свидетельствует о высокой заинтересованности авиаперевозчиков [2].

Необходимо отметить, что в реализации программы Clean Aviation задействованы ведущие компании в области авиастроения, производства силовых установок, авиационных компонентов и оборудования, а также научно-исследовательские организации по разработке цифровых систем взаимодействия, инструментов и методов проектирования в аэрокосмической отрасли, интеграции инновационных архитектур и технологий (представлены в таблице 2).

Таблица 2. Список основных проектов в рамках совместной инициативы Clean Aviation

Ключевое направление программы	Название проекта	Разрабатываемый продукт/ технология	Организации-разработчики
Разработка регионального гибридно-электрического самолета Использование усовершенствованной конструкции планера и систем, гибридно-электрических силовых агрегатов.	HE-ART	Гибридно-электрическая силовая установка мощностью 2,15-2,85 МВт для региональной авиации.	Rolls-Royce
	AMBER	Инновационный гибридный силовой агрегат мощностью ~2 МВт для региональных самолетов.	GE Avio
	TheMa4HERA	Системы терморегулирования для гибридно-электрических региональных самолетов.	Honeywell

	HECATE	Системы распределения электроэнергии для гибридно-электрических региональных самолетов.	Collins
	HERWINGT	Инновационное крыло для гибридно-электрических региональных самолетов. Интеграция «зеленых» технологий в производство.	Airbus
Разработка сверхэффективного самолета ближне-средней дальности, сочетающего в себе передовую силовую установку и конструкцию планера.	HEAVEN	Водородный и гибридный авиадвигатели со сверхбольшим диаметром вентилятора.	Rolls-Royce
	SWITCH	Турбовентиляторный авиадвигатель с водяным охлаждением и рекуперацией энергии выхлопных газов.	MTU Aero Engines
	OFELIA	Прототип винтовентиляторного двигателя с гибридной газовой турбиной для снижения воздействия авиатранспорта на окружающую среду.	Safran
	FASTER-H2	Фюзеляж и оперение, подготовленные для интеграции водородных технологий.	Airbus
	UP Wing	Высокоэффективное крыло.	Airbus

<p>Разработка водородного самолета. Новые концепции силовых установок с прямой подачей водорода, а также на основе топливных элементов.</p>	CAVENDISH	Технологии для водородных и двухтопливных камер сгорания.	Rolls-Royce
	HYDEA	Интеграция водородных двигателей в конструкцию воздушных судов.	Avio Aero
	NEWBORN	Высокомощные топливные ячейки следующего поколения для использования в авиации.	Honeywell
	H2ELIOS	Легкий и инновационный водородный бак для воздушных судов с нулевыми выбросами.	Aciturri
	FLHYing Tank	Испытание высокопрочного бака для жидкого водорода с использованием беспилотной грузовой платформы.	Pipistrel
	HyPoTraDe	Прототип гибридной водородно-электрической силовой установки.	Pipistrel
<p>Комплексные проекты.</p>	CONCERTO	Разработка прогрессивных методов и средств для сертификации прорывных технологий.	Dassault
	HERA	Интеграция новых технологий в архитектуру гибридно-электрических региональных авиалайнеров.	Leonardo

	SMR ACAP	Проект по интеграции инновационных технологических решений в архитектуру воздушных судов ближне-средней дальности.	Airbus
	ECARE	Создание механизмов взаимодействия региональных авиастроительных экосистем в рамках программы Clean Aviation.	Aerospace Valley, Hamburg Aviation, Campania Aerospace District, EASN Technology Innovation Services

Примечание – Источник: собственная разработка, на основе [1]

Заключение. Таким образом, Clean Aviation выводит авиационную науку на качественно новый уровень, способствуя созданию и внедрению прорывных технологий в области силовых установок и конструкции современных воздушных судов, что, наряду с широким использованием SAF, уже в ближайшее время позволит значительно уменьшить вредное воздействие авиатранспорта на окружающую среду. Это станет значительным шагом на пути к реализации долгосрочных целей мировой авиации по достижению уровня нулевых выбросов к 2050 г., давая новым поколениям возможность пользоваться всеми преимуществами экологически чистых авиаперелетов в далеком будущем.

М.Е. Алексеева, Р.И. Алексеев

БАҒДАРЛАМАҒА ШОЛУ CLEAN AVIATION (ТАЗА АВИАЦИЯ). ӘУЕ КӨЛІГІНІҢ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА ЗИЯНДЫ ӘСЕРІН АЗАЙТУДА ОНЫҢ РӨЛІ.

Аңдатпа. Бұл мақалада Clean Aviation еуропалық инновациялық ғылыми-техникалық бағдарламасына шолу, оның негізгі бағыттары, кейбір аралық нәтижелер көрсетілген және әзірленіп жатқан жобалар мен өнімдер, технологиялар тізімі берілген. Жұмыстың мақсаты – авиациялық өндірісті дамытудың заманауи тенденцияларының мәнін сипаттау, әуе көлігінің қоршаған ортаға зиянды әсерін азайту үшін қолданылатын инновациялық шешімдер мен технологияларды қарастыру. Авторлар «Таза авиация» бірлескен бастамасы мемлекеттік-жекеменшік және аймақтық ынтымақтастықтың

үлгісі ретінде 2050 жылға қарай нөлдік шығарындыларға қол жеткізу бойынша ұзақ мерзімді мақсаттарды жүзеге асыруға елеулі үлес қосады деген қорытындыға келеді.

Түйін сөздер: *Clean Aviation* бағдарламасы, мемлекеттік-жекеменшік әріптестік, инновациялық технологиялар, сутегі және гибридті электр станциялары, аймақтық авиация, қысқа және орта қашықтыққа ұшатын ұшақтар.

M.E. Alekseyeva, R.I. Alekseyev

CLEAN AVIATION PROGRAMME OVERVIEW. ITS ROLE IN REDUCING THE HARMFUL ENVIRONMENTAL IMPACT OF AIR TRANSPORT.

Abstract. *This article provides an overview of the European Clean Aviation innovative scientific and technical programme, its key thrusts, shows some intermediate results, presents a list of projects, products and technologies being developed. The purpose of the article is to describe the essence of current trends in the aviation industry, review innovative solutions and technologies used to reduce the harmful environmental impact of air transport. The authors conclude that the Clean Aviation joint initiative, as an example of public-private and regional cooperation, makes a significant contribution to the implementation of long-term goals to achieve zero emissions by 2050.*

Keywords: *Clean Aviation programme, public-private partnership, innovative technologies, hydrogen and hybrid-electric power plants, regional aviation, short medium range aircraft.*

Список литературы

1. Проекты в области экологически чистой авиации [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.clean-aviation.eu/sites/default/files/2023-04/Clean%20Aviation%20Projects.pdf> (дата обращения: 24.01.2024).
2. Объявлено о партнерстве Electric flight [Электронный ресурс] // Мир авиалайнеров. – 2023. – № 6. – С. 18. – URL: https://nitroflare.com/view/8EADDD3C4A6723E/Airliner_World_June_2023.pdf/бесплатно (дата обращения: 20.01.2024).
3. Крейн, А. Наш 2050 год настал: первый экологичный самолет [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.clean-aviation.eu/media/executive-directors-blog/our-2050-is-now-pioneering-greener-aircraft> (дата обращения: 22.01.2024).
4. Liebherr разрабатывает систему подачи воздуха для программы Airbus ZeroE [Электронный ресурс]. – URL: ainonline.com/aviation-news/air-transport/2023-04-11/liebherr-developing-air-supply-system-airbus-zeroe-program

(дата обращения: 18.01.2024).

5. Обзор и структура программы [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.clean-aviation.eu/programme-overview-and-structure> (дата обращения: 22.01.2024).

References

1. Clean Aviation projects [Electronic resource]. – URL: <https://www.clean-aviation.eu/sites/default/files/2023-04/Clean%20Aviation%20Projects.pdf> (date of treatment: 24.01.2024).

2. Electric flight partnership announced [Electronic resource] // Airliner World. – 2023. – № 6. – P. 18. – URL: https://nitroflare.com/view/8EADDD3C4A6723E/Airliner_World_June_2023.pdf/free (date of treatment: 20.01.2024).

3. Krein, A. Our 2050 is now: pioneering greener aircraft [Electronic resource]. – URL: <https://www.clean-aviation.eu/media/executive-directors-blog/our-2050-is-now-pioneering-greener-aircraft> (date of treatment: 22.01.2024).

4. Liebherr developing air supply system for Airbus ZeroE program [Electronic resource]. – URL: ainonline.com/aviation-news/air-transport/2023-04-11/liebherr-developing-air-supply-system-airbus-zeroe-program (date of treatment: 18.01.2024).

5. Programme overview and structure [Electronic resource]. – URL: <https://www.clean-aviation.eu/programme-overview-and-structure> (date of treatment: 22.01.2024).

Сведение об авторах

Алексеева Мария Евгеньевна	старший преподаватель, Белорусская государственная академия авиации, г. Минск, 220096, Республика Беларусь, E-mail: mariaalex.2017@mail.ru
Алексеев Роман Игоревич	курсант, Белорусская государственная академия авиации, г. Минск, 220096, Республика Беларусь, E-mail: alex_r84@inbox.ru

Авторлар туралы мәліметтер

Алексеева Мария Евгеньевна	аға оқытушы, Беларусь мемлекеттік авиация академиясы, Минск, 220096, Беларусь Республикасы, E-mail: mariaalex.2017@mail.ru
Алексеев Роман Игоревич	курсант, Беларусь мемлекеттік авиация академиясы, Минск, 220096, Беларусь Республикасы, E-mail: alex_r84@inbox.ru

Information about authors

Alekseyeva Mariya Yevgenjevna	senior lecturer, Belarusian State Academy of Aviation, Minsk ,220096, Republic of Belarus, E-mail: mariaalex.2017@mail.ru
Alekseyev Roman Igorevich	student, Belarusian State Academy of Aviation, Minsk ,220096, Republic of Belarus, E-mail: alex_r84@inbox.ru