

A review of international experience of scientific research in the field of "green" cargo aviation

Belyaeva E.

Обзор мирового опыта научных исследований в области «зеленой» грузовой авиации

Беляева Е. Т.

*Беляева Елизавета Тимофеевна / Belyaeva Elizaveta – студент,
факультет бизнеса и менеджмента,
Национальный исследовательский университет
Высшая школа экономики, г. Москва*

Аннотация: в статье раскрываются основные направления мировых исследований по «зеленой» авиации. Приведены примеры практических разработок на базе исследований.

Abstract: the article describes the main directions of international research on "green" aviation. Examples of practical developments based on research are observed.

Ключевые слова: зеленая логистика, грузовая авиация, экология транспорта, шумовое загрязнение.

Keywords: green logistics, cargo aviation, transport ecology, noise pollution.

Статистика и основные направления исследований.

Проблема повышения экологичности грузовой авиации – актуальная тема для научных исследований последнего десятилетия, сфокусированных на теоретическом обосновании возможных путей снижения вреда воздушного транспорта. При этом в рамках зеленой авиации грузоперевозки рассматриваются совместно с пассажирскими, поскольку основные исследования и разработки связаны с инфраструктурными и техническими особенностями, присущими обоим типам. Основными направлениями мировых исследований в области экологии авиационного транспорта выступают проблемы сокращения выбросов CO₂, модификации самолетов (позволяющие уменьшить объемы эмиссии вредных газов), использования альтернативного топлива, а также вопросы контролирования атмосферного и шумового загрязнения.

Статистические исследования международной организации гражданской авиации ICAO регулярно проводятся с целью прогнозирования грядущих тенденций и проблем в данной области. Один из разделов публичного отчета посвящен экологическим вызовам. По данным ICAO, в ближайшие 50 лет потребление топлива воздушным транспортом вырастет в 3 раза. Еще один волнующий тренд – очень медленный рост показателя топливной эффективности (этот показатель определяется как отношение расхода топлива на 1 км расстояния к объему груза). Тем не менее, статистика по выбросам углекислого газа не так пессимистична: всего 2 % от всех мировых выбросов связаны с авиатранспортом. Прогнозируется некоторое повышение этого показателя. Общий вывод отчета об экологическом аспекте гражданской авиации заключается в том, что эмиссия CO₂ будет постоянно расти (горизонт прогноза – до 2050 г.), но в гораздо меньших объемах, чем спрос и предложение на рынке авиаперевозок. Это свидетельствует о стабильном и не критичном влиянии воздушного транспорта на окружающий мир. В отчете также акцентируется внимание на необходимости корректировки прогноза в случае популяризации перехода на альтернативное топливо [2].

Сокращение выбросов CO₂.

Тема сокращения выбросов CO₂ привлекает особое внимание исследователей: помимо актуальности данной проблемы для многих видов транспорта и ощутимого влияния на экологическую ситуацию, отмечается также глубина охвата – почти все научные труды так или иначе исследуют проблему эмиссии, предлагая различные пути решения, в том числе, изменения в конструкции самолетов и переход на альтернативное топливо. В данном контексте стоит определить, каким показателем измеряется объем выбросов. Для всех видов транспортировки, производственной и иной деятельности фиксируется углеродный след, представляющий собой оценку стоимости продукта в углеродных единицах. Такой показатель сложен для расчетов и необходим для анализа приблизительных данных.

Одним из возможных путей повышения экологичности грузовой авиации является модификация самолетов. При этом отмечается два направления исследований – изменения в конструкции фюзеляжа и общая модернизация парка. К категории мер, связанных с первым направлением, относится уменьшение веса самолетов. Эффективность такого решения обоснована в связи с зависимостью расхода топлива от взлетной массы: чем легче борт, тем меньше топлива понадобится для его перемещения. Соответственно, необходима разработка методов снижения массы, среди которых в настоящее время выделяется наиболее перспективный – использование композиционных материалов в конструкции фюзеляжа. Композиционный материал - искусственно созданный неоднородный сплошной материал, состоящий из

двух или более компонентов с четкой границей раздела между ними. Среди его достоинств отмечается не только легкость, но и высокая прочность и износостойкость. Таким образом, применение композиционных материалов в самолетостроении решает не только экологические вопросы, но и проблемы безопасности. Однако, как показывают исследования, КМ часто являются токсичными, и их влияние на здоровье человека требует дополнительной оценки. Кроме того, закупка композиционных материалов связана с высокой стоимостью, обусловленной наукоемкостью производства [5].

В повышении экологичности авиации также значима модернизация парка, поскольку ежегодно крупнейшие производители самолетов вносят изменения в свои самолеты, в том числе, связанные с экологической эффективностью. При этом, самой «зеленой» разработкой в области грузовой авиации на данный момент является самолет Boeing 777-F. Дополнительно рассматриваются возможные эффекты от укрупнения грузовых самолетов, выражающиеся в снижении количества взлетов и посадок, а значит, и меньшем вреде для экологии.

Важнейшим шагом на пути к «зеленой» авиации является повышение топливной эффективности. Топливная эффективность - расход топлива, приходящийся на единицу транспортной работы. При этом основными причинами низкой эффективности в настоящее время считается неправильное построение маршрутов (на этом теряется около 8 % используемого топлива) и высокое аэродинамическое сопротивление. В рамках решения первой проблемы были предложены такие техники, как «зеленый взлет» и «продолжительное снижение», которые представляют собой идеи по оптимизации воздушного движения таким образом, чтобы самолеты имели возможность плавно, т.е., без резких движений, увеличивающих бессмысленный расход топлива, взлетать и садиться. Для решения второй проблемы требуется снижение массы самолетов, например, за счет использования уже упомянутых композитных материалов.

Альтернативное топливо [5,4].

Важнейшее, фундаментальное в вопросах повышения экологичности авиатранспорта направление исследований касается сравнения, разработки методов добычи и использования альтернативного топлива. Эта «зеленая» инициатива рассматривается, как один из самых серьезных и вероятных шагов, которые уже сейчас внедряются в авиакомпании. Безусловная необходимость в применении альтернативного топлива связана с моделью, иллюстрирующей вклад различных мер по снижению выбросов CO₂ в реальные показатели эмиссии. Как видно, при прогнозируемом уровне в 1800 млн. тонн выбросов в 2040 году переход на альтернативное топливо снизит показатель до 200 млн. тонн и прекратит тенденцию постоянного роста.

Перечислим основные типы альтернативного топлива. Одним из них является синтетическое – углеводородное топливо, получаемое путём переработки исходного материала, который до переработки имеет неподходящие для потребителя характеристики. При этом в качестве исходных материалов используется уголь, опилки, и даже природный газ. Последний способ особенно актуален в последнее время, поскольку предполагает переработку отходов газовой промышленности. Полученную смесь называют синтез-газом и она широко применяется. Синтетическое топливо эффективно в виду относительно недорогого производства и высокой термической стабильности (способности сохранять неизменным состав и физические свойства при повышении температуры), что гарантирует долгую, безаварийную работу двигателей. Среди недостатков отмечается низкая экологическая эффективность производства синтетического топлива из угля. Во время него выделяется большое количество углекислого газа, и это наносит вред окружающей среде. Соответственно, при комплексном рассмотрении процесса внедрения синтетической альтернативы керосиновому топливу наблюдается эффект смещения выбросов – эмиссия с процесса использования «перетекает» на процесс производства [3].

Растущую популярность набирает вопрос перехода на биотопливо. К нему относится топливо, полученное из растительного и животного сырья, из продуктов жизнедеятельности живых организмов или промышленных отходов. Биотопливо может находиться в разных агрегатных состояниях, но для авиационной промышленности наибольшее значение имеет жидкое биотопливо, предназначенное для двигателей внутреннего сгорания (например, этанол, метанол, биодизель). Примечательно, что инициатива перехода на рассматриваемый вид топлива уже поддержана США, Финляндией, Нидерландами и Китаем, которые запускают пассажирские рейсы на биотопливо. Однако во всех случаях речь идет не о биотопливе в чистом виде, а о смеси обычного и растительного сырья. По утверждению голландской авиакомпании KLM, использование такой смеси понижает выбросы CO₂ на 80 %. К преимуществам, помимо этого, относят экологический процесс производства (многие, меж тем, критикуют использование в промышленных масштабах сельскохозяйственной продукции не в целях питания) и возобновляемость потребляемых ресурсов. Среди недостатков выделяется высокая стоимость такого топлива, что отражается не только на издержках грузовых авиакомпаний, но и на конечной стоимости перевозки для клиентов. Еще одной проблемой становятся весовые характеристики: биотопливо достаточно тяжелое, что сказывается на его расходе. Получается, что большая подъемная масса самолета (связанная с

биотопливом) требует усиленной работы двигателя, что увеличивает расходы топлива. Таким образом, экономия энергии и сокращение выбросов относительно при условии большой массы биотоплива.

Еще одной альтернативой является водородное топливо. Его базовое преимущество по сравнению с другими видами заключается в безвредности продукта горения – воды. Основная проблема водородной энергетики — сложность и энергоёмкость производства водорода, а также сложности его транспортировки: смеси водорода и воздуха чрезвычайно взрывоопасны в широком диапазоне концентраций.

У разных видов альтернативного топлива есть одна общая, глобальная проблема. Она связана с необходимостью модификации двигателей (переоборудование с учетом особенностей того или иного вида топлива), которая может привести к существенному увеличению веса самолета. Таким образом, поиску путей повышения экологичности авиационного транспорта всегда сопутствует противоречие и необходимость установления баланса и компромисса.

Согласно исследованиям NASA, многие виды альтернативного топлива неэффективны в виду высокой стоимости, необходимости дополнительной обработки, переоснащения самолетов, а также большого веса и объема. В этом контексте легче всего работать с синтетическим топливом, поскольку оно не такое дорогое и не требует дополнительных обработок и модификаций для самолетов. По прогнозам NASA, именно это топливо станет будущим мировой авиации. [4]

Шумовое загрязнение.

Шумовое загрязнение – один из важнейших рисков авиатранспорта. Это связано с тем, что шум взлетающего и садящегося самолета оценивается по шкале громкости в 130-135 децибел, что интерпретируется, как болевой порог человека. В связи с этим возникает опасность для населения, например, для жителей районов, расположенных в непосредственной близости к аэропортам. Поэтому необходимо понимать, что аэропортам требуется оптимизация расписания, изменения траектории захода на посадку и использование заглушающего оборудования.

Этой теме посвящено исследование, анализирующее и сравнивающее различные способы борьбы с шумовым загрязнением, вызванным авиатранспортом. В ходе этого исследования проведен анализ лучших ныне существующих антишумовых практик, в числе которых шумовые налоги и скидки, установление комендантского часа, запрещающего полеты в определенное время. Действительно, на практике во многих аэропортах Европы можно отметить тенденцию к утреннему вылету большинства самолетов. Возможно, таким образом управляющие аэропортов реализует политику введения антишумового комендантского часа. Кроме того, в рамках исследования проводится сравнение характерных «шумовых следов» различных самолетов. Наиболее шумным признаны Boeing 727-200 и Boeing 737-200. При этом наиболее экологичным в данном контексте является Boeing 727-100. Ясно, что все эти самолеты, несмотря на различные показатели шумового следа, активно используются в современной авиации. Это говорит о необходимости не только модернизаций и антишумовых модификаций авиационной техники, но и наземных и иных методов контроля. Путем сравнения альтернатив в работе выдвигаются 3 лучшие антишумовые практики. Одна из них, называется «Cumulative noise limits» и означает такую политику аэропорта, при которой его руководством устанавливается максимально допустимая норма шума, и авиакомпания в зависимости от ограничений выстраивают свое расписание. Понятно, что компаниям, использующим менее шумные суда, отдается больше привилегий. Эта практика реально работает в аэропортах Великобритании, где лимитируют общий ночной показатель шума, а в некоторых других аэропортах Европы практика также включает лимит для дневного времени. Эффективность метода обусловлена тем, что компании стремятся максимизировать свою прибыль, и вынуждены в связи с этим использовать менее шумные самолеты. Следующей антишумовой практикой является введение налогов. Авиакомпании платят аэропортам дополнительную сумму за обслуживание своих самолетов в зависимости от их шумовых и иногда весовых (поскольку часто тяжелый = шумный) характеристик. То есть, этот способ также направлен на стимулирование авиакомпаний к улучшению шумовых показателей своего авиапарка. С точки зрения практики, налоги в разных аэропортах мира рассчитываются по особым формулам. Стоит отметить, что полученные в ходе взимания налогов средства расходуются, в основном, на улучшения, связанных с антишумовыми инструментами. «Noise per aircraft limit» схож с первым рассмотренным показателем. Разница заключается лишь в том, что ограничивается шумовой след одного самолета, а не всего ночного и дневного периода [3].

Конечно, следует обратить внимание на исследования о роли управления цепями поставок в повышении экологичности грузовой авиации. С точки зрения экологии, меньшее количество перелетов означает в первую очередь меньшее количество выбросов. Таким образом, в рамках цепи поставок требуется обеспечить полную загрузку отправляемых самолетов и оптимизировать расписание полетов. Тем не менее, возникает проблема поиска баланса между скоростью и экологичностью перевозки.

Дополнительные источники повышения экологичности грузовой авиации.

Большинство исследований в рамках рассматриваемой темы, безусловно, посвящено решению проблемы загрязнения непосредственно при совершении перелета. Это обусловлено тем, что на данном этапе концентрируется наибольший объем вредных выбросов. Однако следует также рассмотреть иные риски, возникающие при оказании комплексной услуги по авиаперевозке.

В частности, ряд исследований посвящен проблемам повышения экологичности при наземном обслуживании самолетов в аэропортах. Одной из инициатив выступает использование электрокаров или автомобилей, работающих на альтернативном топливе, для подвоза и загрузки. Для самолетов же исследуется возможность использования электронного питания для стояночного режима. Кроме того, положительное влияние на экологию окажет внедрение приглушающих устройств, которые бы отражали шум от работы двигателей. Тщательная отработка функционирования аэронавигационных систем, переориентация на экологические стандарты также рассматривается в качестве возможной инициативы. В рамках нее затронуты уже упомянутые идеи зеленого взлета и постепенного снижения, которые в данном преломлении влияют не только на топливную эффективность, но и на снижение уровня шумового загрязнения. Важным представляется уменьшение числа аэропортов мира, расположенных в черте города. Согласно многим исследованиям, существует зависимость между заболеваемостью центральной нервной системы и сердечно-сосудистой системой, уровнями шума и длительностью проживания в шумных городских условиях. Рост общей заболеваемости населения отмечается после 10 лет проживания при постоянном шумовом воздействии с интенсивностью в 70 дБА и выше. Учитывая, что постоянный уровень шума неподалеку от аэропорта может достигать 100 дБа, это становится серьезной угрозой для здоровья окружающего населения.

Еще одной, неочевидной проблемой комплексной «зеленой авиаперевозки» становится переработка и вторичное использование самолетов. Вопрос утилизации старых авиационных транспортных средств редко рассматривается в контексте повышения экологичности. Между тем, это позволяет снизить некоторые риски и даже получить выгоду при вторичном использовании материалов. Единственной некоммерческой организацией в этой области является AFRA (Aircraft Fleet Recycling Association), которая представляет собой ассоциацию 11 компаний, которые в основном занимаются самолетостроением. Самая известная из этих компаний – производитель самолетов Boeing. Цель организации заключается в совместном продвижении «зеленых» решений и реализации проектов переработки. Деятельность AFRA включает дополнительные исследования – так, организация разработала эффективные технологии переработки углеродного волокна, что расширило их возможности для утилизации. Важным элементом стоит считать пригодность полученных в результате переработки материалов и сырья не только для авиационной промышленности, но и для многих других отраслей производства.

Таким образом, исследования о дополнительных источниках загрязнения в ходе реализации услуги по авиаперевозке также имеют немалое значение для повышения экологичности грузовой авиации. Среди таких инициатив выделяется «зеленая» организация работы наземных структур и деятельность по разбору, переработке, утилизации и вторичному использованию материалов старых самолетов.

Неисследованное.

Поскольку низкая экологическая эффективность авиатранспорта давно исследована и доказана, рассматриваемая тема отличается широким спектром исследовательских работ. В связи с этим, трудно определить «пробелы» в теоретической базе.

Тем не менее, в рамках поиска дополнительных источников загрязнения в процессе авиаперевозки можно задуматься об аварийных ситуациях. Несмотря на высокий уровень безопасности воздушного транспорта, иногда возникают аварии и катастрофы. Это также требует повышенного внимания с точки зрения экологии. Например, при катастрофе, произошедшей на водном пространстве, возникает опасный для экологии разлив топлива. Понятно, что основная проблема экологии, связанная с аварийностью – не отлаженность механизмов устранения последствий. Высокий уровень давления правовой, государственной, дипломатической составляющей в послеаварийном процессе отодвигает проблемы экологии на второй план. Возможно, необходимы исследования для рассмотрения и разработки эффективных алгоритмов устранения послеаварийных загрязнений, интегрирующие требования правовой и государственной составляющей с экологическими и логистическими ограничениями.

Выводы.

Основной вывод, который можно сделать после изучения исследований по данной проблематике – это, безусловно, наличие обширной, проработанной научной базы для изменений в авиации. В рамках многих научных трудов рассмотрены методы повышения экологичности и, что более важно, доказана эффективность предлагаемых зеленых решений.

Многие из описанных исследований уже имеют свой отклик в практике аэропортов и авиакомпаний мира. Тем не менее, многие эффективные методы еще не опробованы и ждут реализации. Требуется внедрение разработок, базирующихся на исследованиях. Тренды в авиационной среде свидетельствуют о

высоком уровне вовлеченности компаний – авиаперевозчиков и аэропортов в процесс исследования, что дает надежду на скорое внедрение «зеленых» решений в авиационную среду.

Литература

1. *Girvin R.* Aircraft abatement and mitigation strategies // *Journal of air transport management*, 2010. № 15. С. 14-22.
2. ICAO Overview of alternative jet fuels in 2014, 2014.
3. *Luis A., Sanchez-Perez Luis P., Sanchez-Fernandez, Adnan Shaout, Sergio Suarez-Guerra.* Airport take-off noise assessment aimed at identify responsible aircraft classes // *Science of the total environment*, 2016. № 542. С. 562-577.
4. *Sarkar A. N.* Evolving Green Aviation Transport System. A Holistic Approach to Sustainable Green Market Development // *American journal of climate change*, 2012. № 1. С. 164-180.
5. *Schlumberger Charles E.* Are alternative fuels an alternative? // *Annals of air and space law*, 2011. С. 119-152.
6. *Stollarski J.* Sustainable development as a key to green aviation // *Journal of Air transport management*, 2014.