

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ КОНФИГУРАЦИИ ЛЕГКИХ САМОЛЕТОВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ**

**Аль Дарабсе Амер Мохаммад Фархан,**

студент 5 курса,

специальность Самолето-и-вертолетостроение

amersamarah4@gmail.com

**Маркова Елена Владимировна,**

к.э.н., доцент

кафедры «Экономика, управление и информатика»

morozova319@yandex.ru

**Миллер Вадим Вячеславович,**

студент 5 курса,

специальность Самолето-и-вертолетостроение

dreinor73@yandex.ru

Институт авиационных технологий и управления, Ульяновский  
государственный технический университет, г. Ульяновск, РФ

**Аннотация.** В этой статье дается обзор современных конфигураций самолетов, которые в настоящее время находятся в стадии исследований и разработок. Новые конфигурации самолетов необходимы для обеспечения значительного сокращения выбросов самолетов для достижения амбициозной цели по сокращению выбросов углерода на 50% к 2050 году. Несмотря на то, что современные зеленые технологии обеспечивают небольшие улучшения эффективности самолета и расхода топлива, исследования по корпусу смешанного крыла, корпусу крыла и морфингу авиационные технологии показали себя целесообразными и весьма полезными для более легких и более эффективных конструкций самолетов. По оценкам, эти конструкции позволяют сократить выбросы углерода до 30%. Эти конструкции самолетов не лишены проблем эксплуатации, проектирования и социальных проблем, однако они

дают надежду на достижение устойчивого авиационного будущего и, возможно, на будущее без использования ископаемого топлива.

**Ключевые слова:** аэродинамика, конфигурации самолетов, будущие самолеты, будущие воздушные перевозки, концепции самолетов, эксплуатация самолетов.

## **1. Введение**

Экологическая авиация является основным направлением деятельности многих местных и международных отраслей. Растущая цена на ископаемое топливо, различные налоги на углерод / схемы торговли и вклад в глобальное потепление – это проблемы, которые необходимо решить для устойчивого будущего авиации [1]. Международная авиация способствует 2-3% в явлениях глобального потепления. Если авиация останется на своем текущем пути без каких-либо существенных эксплуатационных изменений, ее прогнозируемый вклад в глобальное потепление возрастет до 10-15% к 2050 году из-за прогнозируемого спроса. Выбросы самолетов и аэропортов и их вклад в глобальное потепление хорошо известны благодаря значительным инвестициям в исследования и разработки, направленные на уменьшение углеродного следа авиации, а также на создание основы для устойчивой авиационной промышленности [2]. Международная организация гражданской авиации (ИКАО) определила различные требования для преобразования авиационной деятельности в более эффективную модель и получения значительно большей эффективности для сокращения выбросов авиации на 50% к 2050 году. Одна из этих рекомендаций касалась эксплуатации новых конфигураций воздушных судов. в ближайшем будущем [3].

Внедрение новых и эффективных самолетов (Boeing 787 Dreamliner и Airbus A380) продемонстрировало повышение эксплуатационной эффективности благодаря широкому использованию новых материалов, применяемых для различных частей конструкции самолета. Внедрение углеродных и гибридных материалов позволило создать более легкие

конструкции самолетов, улучшив при этом прочность конструкции, жизненный цикл и требования безопасности. Меньший вес самолета означает меньшую подъемную силу и снижение тяги в полете. Экономия подъема и сопротивления сильно зависит от необходимой тяги, что приводит к меньшей тяге и меньшему расходу топлива [4]. Экономия веса такого рода может только способствовать снижению выбросов до определенной точки. Даже аэродинамические достижения на обычных самолетах могут дать лишь небольшие улучшения эффективности. Новые конфигурации самолетов продемонстрировали потенциал значительного сокращения выбросов за счет использования конструкций, которые значительно увеличивают коэффициент подъемной силы / сопротивления и позволяют создавать более легкие конструкции самолетов. Хотя новые конфигурации самолетов требуют значительных исследований и разработок, прогнозируется, что реализация этих концепций позволит значительно сократить выбросы и повысить уверенность в достижении 50-процентного сокращения выбросов на основе углерода [5].

## 2. Расход топлива в самолете

Расчет расхода топлива может быть выполнен для различных фаз полета, однако большая часть топлива потребляется на этапе взлета и круизного полета. Этот раздел будет посвящен фазе круизного полета и требует определенных допущений для моделирования расхода топлива. Силы, действующие на летательный аппарат, могут быть представлены диаграммой свободного тела на рисунке 1 [6].



Рис. 1. Силы, действующие на плоскости по диаграмме свободного тела

Предполагается, что на этапе крейсерского полета воздушное судно находится в устойчивом горизонтальном положении с постоянной скоростью и

без отклонения по высоте. При этом сценарии вес самолета полностью преодолевается лифтом, на который можно указать  $\text{Подъемник} = \text{Вес}$ . Точно так же постоянная скорость подразумевает, что сопротивление самолета полностью преодолевается за счет тяги, создаваемой двигателями, позволяющими  $\text{тягу} = \text{сопротивление}$ . Предполагается, что вес воздушного судна также меняется в течение полета, поскольку двигатели постоянно используют топливо. Таким образом, вес самолета различен в начале и в конце его полета. Логично в этом смысле количественно определить начальный ( $\text{Вес}_{\text{начальная}}$ ) и конечный ( $\text{Вес}_{\text{окончательный}}$ ) вес воздушного судна, и можно легко рассчитать определенное количество топлива. Это также предполагает, что топливо является единственным материалом, вычитаемым при его эксплуатации [7].

Расчет расхода авиационного топлива может быть выполнен с использованием уравнения Бреге (уравнение 1). Уравнение Бреге моделирует дальность полета любого самолета и учитывает аэродинамику, тягу и вес конструкции [8].

$$R = \frac{h}{g} \frac{L}{D} \eta \log \frac{W_{\text{initial}}}{W_{\text{final}}} \quad (1)$$

Где «L» - сила подъема, «D» - сила сопротивления, «h» - энергия топлива на единицу массы, «g» - сила, вызванная силой тяжести, а «η» - общая эффективность движения [9].

Хотя расчет дальности имеет значение, уравнение Бреге может быть преобразовано в другую форму для расчета удельного расхода топлива (SFC), измеренного в  $\text{kg/s/N}$ , более релевантной переменной, которая описывает количество топлива, потребляемого воздушным судном. двигателями и напрямую коррелирует с общей эффективностью самолета [2].

$$SFC = \frac{V(L/D)}{g \cdot R} \log \left( \frac{W_{\text{initial}}}{W_{\text{final}}} \right) \quad (2)$$

Чтобы продемонстрировать это дополнительно, мы изучаем дальнемагистральный рейс из Мельбурна в Шанхай на самолете, подобном Airbus A330-200, чтобы рассчитать снижение SFC. В таблице 1 обобщены данные использования для тематического исследования [5].

Таблица 1

Данные о поездке из Москвы в Аммане

<b>Предположения</b>	
Подобие самолета	A330 – 200
Соотношение L/D	20
Пассажиры	241 чел
Вес на одного пассажира (человек + 20 кг багажа + 10 кг продолжить)	105 кг
$W_{\text{пустой}}$	119,600 кг
Скорость полета	220 $\text{ms}^{-1}$
Топливная эффективность на сиденье	0.0332 L/Km
Константа силы тяжести	9.2 $\text{Nm}^2\text{kg}^{-1}$
Диапазон (от Мельбурна до Шанхая)	8050 км

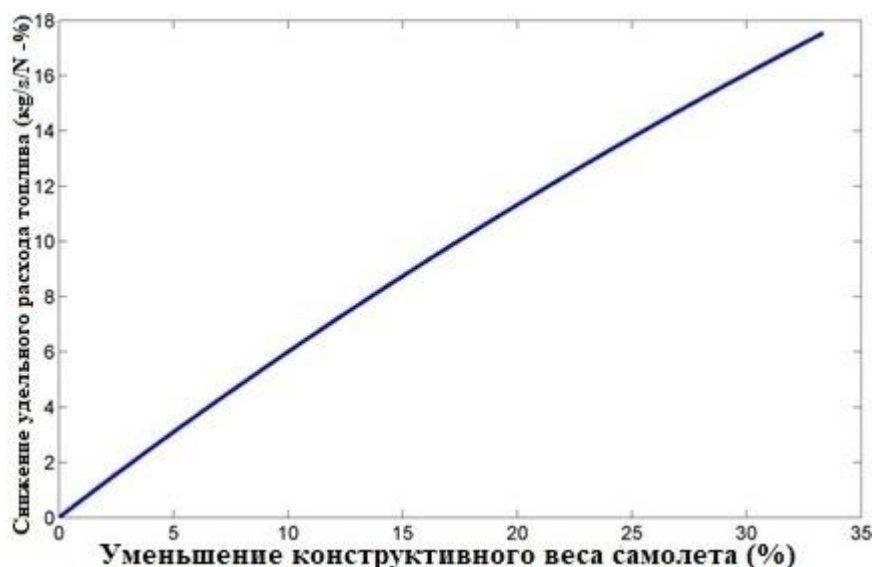


Рис. 2. Связь между снижением веса конструкции самолета и SFC

Понятно, что снижение конструктивного веса самолета имеет значительные преимущества для его эксплуатационной эффективности. Современные летательные аппараты, такие как Boeing 787, на 20% легче аналогичных типов самолетов из-за широкого использования армированных волокнами композитов [4]. Экономия веса такой величины приводит к увеличению эффективности на 10-12%. Несмотря на то, что в существующую конфигурацию воздушного судна могут быть внесены дополнительные улучшения, новые конфигурации воздушных судов обеспечивают более высокую эксплуатационную эффективность благодаря характеру их конструкции, конструкции и требований к тяге [7].

### 3. Транспортный самолет со смешанным крылом (BWB)

Разработка BWB началась в 1994 году как совместное предприятие между НАСА и МакДоннальдом Дугласом, чтобы оценить, не оказался ли проект более эффективным средством большой вместимости транспортного самолета большой дальности. Самолеты BWB значительно отличаются от обычных транспортных самолетов. Проектный подход взят из концепции «летающего крыла», где большая часть поверхности самолета используется для создания подъемной силы, в отличие от существующего транспортного самолета, где герметичная кабина существует только как камера для хранения груза [8].



Рис. 3. Принцип работы смешанное тело крыла (слева) и прототип Boeing X48C BWB (справа)

BWB уникален тем, что фюзеляж является интеграционной платформой для крыльев, поверхностей управления и входов двигателей. Конструкция рассчитана на перевозку около 800 пассажиров в радиусе действия 7000 нм с крейсерской скоростью 0,85 Маха [3].

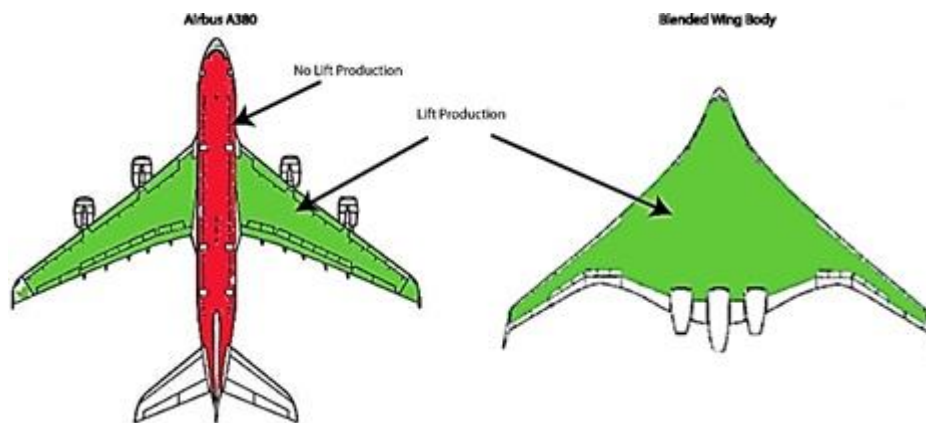


Рис. 4. Сравнение подъемной мощности между Airbus A380 и корпусом смешанное крыло

Из-за формы и конфигурации BWB, самолет был рассчитан, чтобы иметь выгодную эксплуатационную эффективность. Предварительные результаты показали, что расход топлива примерно на 27% меньше, экономия на 15%, пустой вес на 12%, общая тяга на 27% меньше, а коэффициент аэродинамического сопротивления на 20% выше по сравнению с современными

коммерческими самолетами аналогичного размера. Благодаря конфигурации конструкции, больше материала может быть распределено дальше от центра самолета, увеличивая прочность конструкции BWB. Таким образом, для проектирования BWB требуется меньше материалов, чтобы соответствовать требованиям сертификации. Конструкция BWB также предполагает значительное снижение шума от земли самолета, поскольку двигатели расположены над задней частью BWB, что позволяет фюзеляжу выполнять роль отражающего звукового барьера, распространяя большую часть шума в небо [9].

Дизайн BWB не обходится без конструктивных и эксплуатационных проблем. Одним из наиболее сложных аспектов является его некруглая конструкция фюзеляжа, которая требует обширного усиления конструкции для поддержания давления. Не проблема с обычным самолетом из-за конструктивной эффективности, присущей трубчатой конструкции кабины. Есть также социальные проблемы, связанные с его дизайном, такие как значительное сокращение количества пассажирских окон и места в стиле арены. Несмотря на то, что такие вопросы принимаются во внимание в процессе разработки BWB, революционная конструкция самолета является ключевой технологией, которая внесет значительный вклад в сокращение выбросов углерода на 50% к 2050 году [6].

#### **4. Самолет Крыло Коробки**

В конструкции коробчатого крыла обычно использовались два крыла, которые соединялись вместе на концах парика. Переднее крыло движется назад, чтобы присоединиться к заднему крылу, которое движется вперед. Эта концепция была впервые запатентована в 1974 году с применением на военных самолетах. Патенты на коммерческие самолеты с коробчатым крылом последовали, однако его дизайн никогда не был внедрен в коммерческие авиалайнеры из-за сильного внимания к проектам самолетов-монопланов. Математически и экспериментально определены преимущества конструкции крыла Вох [2]:



- Легкий вес.
- высокая жесткость.
- Низкое сопротивление.
- Хорошее трансзвуковое распределение лифтов.
- Высокий  $CL_{max}$ .
- Уменьшенная влажная область и сопротивление паразита.
- Возможность прямого управления лифтом.
- Хорошая стабильность и контроль.

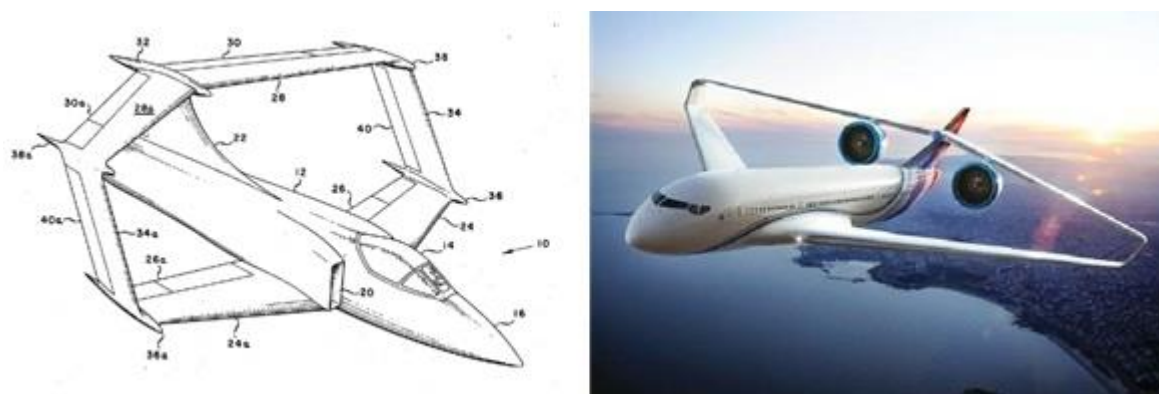


Рис. 5. Концепция самолета с крылом Вох - слева («Крыло и самолет Vortex») и авиалайнера с крылом Вох – справа

Конструкция «Крыло коробки» предлагает более высокие коэффициенты подъема к сопротивлению за счет того, что переднее и заднее крылья соединяются вместе, используя увеличенные концы крыльев для создания закрытой конструкции коробки. Эта конфигурация значительно уменьшает эффект завихрения кончика крыла, вызванный областями высокого и низкого давления на нижней и верхней поверхностях крыла соответственно, которые производят 4 различных вихря. Этот аэродинамический эффект обычно известен как индуцированное сопротивление и является причиной большинства сопротивлений, создаваемых самолетом. Конфигурация самолета Vortex Wing уменьшает величину индуцированного сопротивления, создаваемого, поскольку закрытая конструкция крыла ограничивает образование вихрей на острие. В ходе исследований конструкции крыла было установлено, что

экспериментально установлено, что конфигурация крыла коробки имеет наибольшую эффективность Освальда (подъем / сопротивление) по сравнению с конфигурациями моноплана с различными конструкциями крыла. Увеличивая коэффициент эффективности Освальда, индуцированное сопротивление крыла уменьшается. Это может быть продемонстрировано с помощью уравнения индуцированного сопротивления, где коэффициент эффективности находится в качестве одного из знаменателей (уравнение 3) [4].

$$C_{Di} = \frac{c_L^2}{\pi e AR} \quad (3)$$

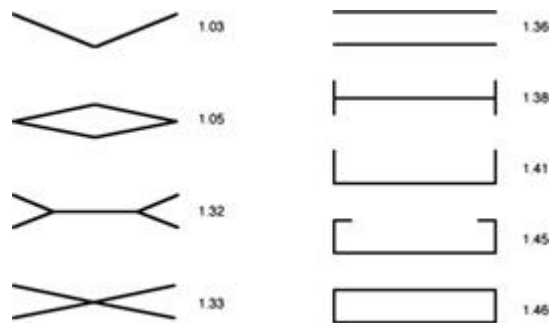


Рис. 6. Конфигурации крыла переднего вида и связанные с ними факторы эффективности

Исследования показали, что оптимизированный коммерческий самолет Box Wing может предложить снижение лобового сопротивления на 30%, благодаря чему значительно улучшится использование топлива, коэффициент подъемной силы, дальность полета и выносливость. Увеличенный объем крыла также позволяет хранить больше топлива. Это обеспечит повышение выносливости и эксплуатационные преимущества, поскольку самолет может летать по всему земному шару без дозаправки. Конструкция крыла обеспечивает значительное снижение веса, так как характер конфигурации размещает материал вдали от центра тяжести самолета и повышает конструктивную эффективность и устойчивость к изгибу. Как и концепция BWB, увеличение конструктивной эффективности позволяет производить меньше материалов и, следовательно, меньше вес. Это графически представлено на рис.7, где

относительный вес подъемных поверхностей (крыла) сравнивается с обычным летательным аппаратом с изменяющимся пролетом и углом поворота [5].

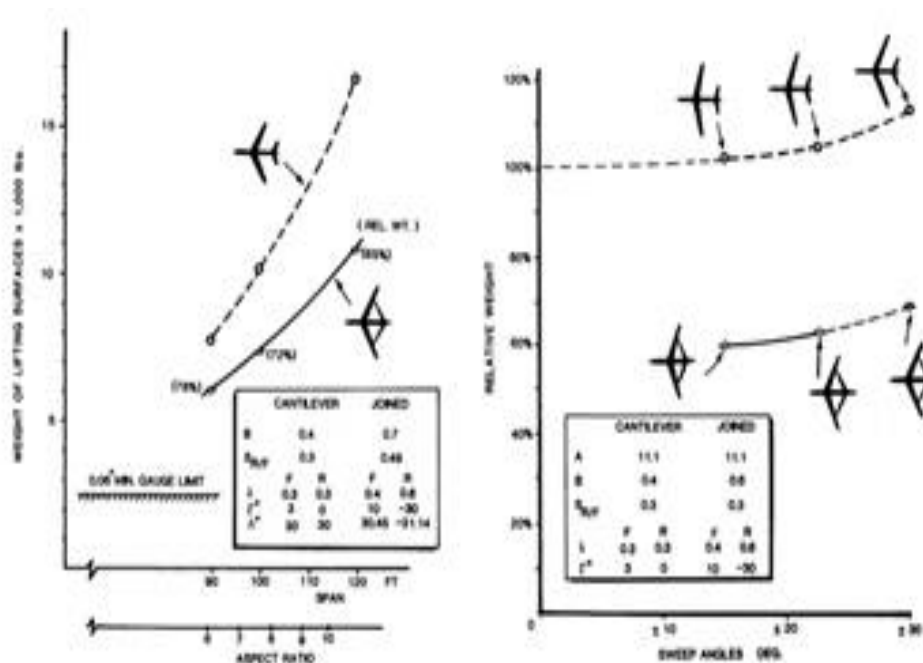


Рис. 7. Изменение относительного веса крыла из-за изменений в размахе

## 5. Морфинг крыла самолета

Технология морфинга крыльев – это концепция, которая позволяет крыльям активно менять форму в полете [8]. Это можно сделать механическим или органическим способом. Например, крылья птицы могут активно менять форму из-за органической природы или ее мышц и скелетной структуры, в то время как F-111 активно меняет форму своего крыла, изменяя угол поворота. Текущий постоянный обзор организации морфирующих крыльев можно визуализировать на рисунке 8.

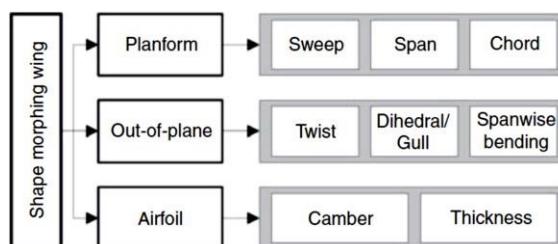


Рис. 8. Исследовательские потоки в морфинг-крыле с точки зрения организации (Барбарино, Билген, Аджай, Фрисвелл и Инман)



Рис. 9. Влияние изменений конфигурации крыла на самолете

Также существует возможность улучшить или заменить обычные устройства с высоким подъемом, используя технологию изменяемой трансформации, которая позволит снизить вес конструкции и аэродинамический шум. Эта технология морфинга способствует активному и контролируемому изменению формы воздушной фольги. Это особенно важно, так как позволяет использовать более толстый и более изогнутый аэродинамический профиль для фаз медленного полета с возможностью изменения конфигурации в тонкий прямой аэродинамический профиль для высокоскоростных / сверхзвуковых полетов. Существуют также концепции морфинга скручивания крыла, которые позволяют повысить аэродинамическую эффективность по сравнению с обычной конструкцией элеронов, а также позволяют изменять геометрию аэродинамического профиля по размаху крыла. Этот тип морфинга позволяет делать достижения в области материаловедения. Использование органических материалов и сплавов умный материал обеспечивает контролируемые средства сжатия или вытягивания материала. Другими словами, площадь поверхности материалов может быть увеличена или уменьшена контролируемым образом с помощью электронных средств [1]. Это поддерживается новыми внутренними конструкциями, которые позволяют изгибаться в требуемом направлении, сохраняя при этом прочность и жесткость крыла.

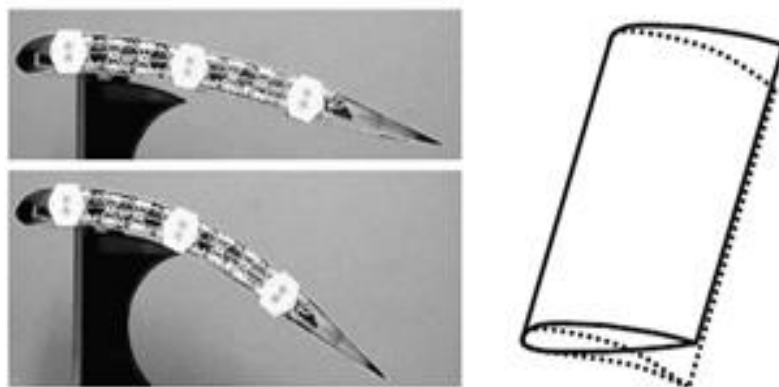


Рис. 10. Изменение формы крыла из сплава умный материал (смена развала)

Морфирующие конструкции самолетов обеспечивают платформу для инженерного воображения. Хотя текущие исследования в основном сосредоточены на технологии изменения формы крыла, существует возможность расширить эту концепцию на различные части планера самолета и создать более легкие и более эффективные аэродинамические конструкции, которые будут способствовать снижению выбросов самолетов.

## **6. Заключение**

Потребности клиентов в авиаперевозках постоянно растут, и вместе с этим вклад авиации в выбросы на основе углерода. Современные авиационные технологии доказывают свою эффективность в снижении эмиссии самолетов, однако новые материалы, эффективные двигатели и экологически чистые операции могут лишь снизить выбросы до определенной степени. Для достижения цели 2050 года по снижению выбросов углекислого газа на 50% необходимо внедрить в воздушные перевозки новые и инновационные конструкции самолетов [8]. Усовершенствованные конфигурации самолетов продемонстрировали возможность и способность существенно сократить выбросы углекислого газа и изменить способ полета. Конфигурации самолетов, представленные здесь, дают краткое концептуальное представление о ключевых технологиях, которые в настоящее время исследуются и разрабатываются, однако до внедрения этих конфигураций самолетов еще могут пройти десятилетия.

## **Список использованных источников**

1. Al-Darabseh A.M.F. Teaching and assessment strategies.//В сборнике: Студент и наука (гуманитарный цикл) - 2017 Материалы международной студенческой научно-практической конференции. Главные редакторы Н.Н. Макарова, Е.В. Олейник. Ответственный редактор А.С. Гаан. 2017. С. 535-538.

2. Аль-Дарабсе А.М.Ф. Исследование экономических систем в авиастроении на основе методологии функционально-стоимостной инженерии.// В сборнике: Молодежь и наука XXI века Материалы Международной научной конференции. 2018. С. 470-472.

3. Маркова Е.В., Аль-Дарабсе А.М.Ф., Соколова О.Ф. Проблемы сертификации персонала предприятий авиационно-космического комплекса и организаций самарской области в условиях рынка.// Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 4-3. С. 504-508.

4. Аль-Дарабсе А.М.Ф. Последствия инфляции и способы их устранения.// В сборнике: Экономическая наука и хозяйственная практика: современные вызовы и возможности кооперации теоретико-методологических и прикладных исследований Материалы международной научно-практической конференции ИСЭИ УФИЦ РАН, НИЦ ПНК. 2018. С. 13-16.

5. Маркова Е.В., Аль Дарабсе А.М. Исследование управленческого потенциала промышленных предприятий.//В сборнике: Проблемы и перспективы экономических отношений предприятий авиационного кластера Сборник научных трудов. Ответственный за выпуск И. Г. Нуретдинов. 2016. С. 26-30.

6. Вольсков Д.Г. Информационные системы управления для совершенствования стратегического и тактического планирования.// В сборнике: Развитие агропромышленного комплекса в условиях цифровой экономики Сборник научных трудов I Национальной научно-практической конференции посвященной 25-летию со дня образования экономического факультета. Кинель, 2019. С. 188-190.

7. Денисова Т.В. Модернизация регионального экономического комплекса как стратегический фактор реализации национальной политики импортозамещения.// В сборнике: Научно-техническое обеспечение агропромышленного комплекса в реализации Государственной программы развития сельского хозяйства до 2020 года Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию

Курганской ГСХА имени Т.С. Мальцева. Под общей редакцией С.Ф. Сухановой. 2019. С. 201-205.

8. Вольсков Д.Г. Авиационная промышленность - смягчения последствий изменения климата посредством технологии и политики.// В сборнике: Проблемы технического сервиса в АПК Сборник научных трудов II студенческой всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 21-28.

9. Маркова Е.В. Анализ авиационной безопасности: проблемы, вызовы, возможности.// В сборнике: Проблемы технического сервиса в АПК Сборник научных трудов II студенческой всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 28-35.

## **IMPROVED LIGHT PLAN CONFIGURATIONS FOR ENVIRONMENTAL OPERATIONS**

**Al Darabseh Amer Mohammad Farhan,**

5th year student,

Specialty Aircraft and Helicopter Construction

amersamarah4@gmail.com

**Markova Elena Vladimirovna,**

Ph.D., associate professor

Department of "Economics, Management and Computer Science"

morozova319@yandex.ru

**Miller Vadim Vyacheslavovich,**

5th year student,

Specialty Aircraft and Helicopter Construction

dreinor73@yandex.ru

Institute of Aviation Technologies and Management,

Ulyanovsk State Technical University,

Ulyanovsk, Russia



**Abstract.** This article summarizes the modern design of the aircraft under research and development. New helicopters are needed to meet the shortage of helicopters to achieve the goal of reducing carbon by 50% by 2050. Although modern green technology offers significant improvements in air quality, fuel consumption, corrosion analysis, washing techniques and aircraft change techniques is very important and important for simpler and more aircraft design efficiency. This estimate aims to reduce carbon emissions by 30%. These images of the aircraft are unemployed, engineering and social issues, but they offer the possibility of sustainable shipping, perhaps for the future without the use of artificial fuel.

**Keywords:** flight schedules, flight schedules, incoming flights, future flights, flight policies, flight activities.