

doi: 10.32620/oikit.2021.93.02

УДК 629.7.08; 658.5

В. Е. Гайдачук  
В. Ю. Серебрянникова\*

## **Анализ возможностей реализации модульного принципа создания модификаций воздушных судов и их эффективной эксплуатации в системе отечественных авиаперевозок**

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского  
«Харьковский авиационный институт»  
\*ООО «Авиакомпания Джоника»*

Известно, что воздушное судно приносит доход эксплуатирующей авиакомпании только тогда, когда находится в воздухе. Когда оно находится на земле, в аэропорту, авиакомпания несет большие затраты на его аэродромное обслуживание. Чем больше время стоянки самолета на земле, тем меньше фактическое время полета самолета. В связи с этим проанализирована возможность реализации одного из перспективных принципов создания и эффективной эксплуатации модификаций воздушных судов транспортной категории – модульный принцип. Рассмотрены перспективы реализации модульных модификаций в авиакомпаниях отечественных авиаперевозок в условиях дальнейшего развития рыночной экономики. Модификации, основанные на реализации модульного принципа, классифицированы на два типа – в виде автономных модулей, размещаемых при эксплуатации воздушных судов в фюзеляже, и в виде съемного модульного отсека фюзеляжа воздушного судна. Проведены обзор и анализ существующих проектов этих типов модульных конструктивно-технологических решений, сравнение их преимуществ и недостатков в технико-экономических аспектах перспектив их реализуемости. Оценена возможность эффективной реализации модульного принципа модификаций воздушных судов транспортной категории, для чего был выполнен обобщенный анализ отечественной и зарубежной информации, связанной с обсуждаемой проблемой, на основе которого синтезирована укрупненная блок-схема комплексной методики анализа эффективности эксплуатации модульных модификаций в системе авиаперевозок в сравнении с традиционными (существующими). Вскрыты ключевые аспекты содержания основных блоков схемы, включающие основные положения технического обслуживания и ремонта воздушных судов в современных условиях их эксплуатации по состоянию на основе зарубежного опыта, а также основные аспекты содержания блоков учета весовых потерь при проектировании и реализации традиционных и модульных модификаций воздушных судов. Обобщенная информация, связанная с реализацией синтезированной блок-схемы, ориентированная на последующее дополнение, должна стать основой методов обеспечения соответствия и нормативной документации при проектировании и реализации перспективных отечественных модификаций воздушных судов транспортной категории.

**Ключевые слова:** модификации воздушных судов, модульный принцип, эффективность авиаперевозок, методика анализа эффективности, авиационный бизнес.

В работе [1] проведен анализ проблем развития отечественного гражданского самолетостроения, состояния рынка авиаперевозок и их взаимосвязи. Показано, что особое место в авиационном бизнесе в период нестабильности пассажирских и грузовых авиаперевозок и заказов на новые отечественные воздушные суда (ВС) должны занять их модификации.

Ниже анализируется возможность реализации одного из перспективных принципов создания и эффективной эксплуатации модификаций ВС – модуль-

ный принцип.

Идея модульного принципа создания модификаций ВС транспортной категории (ТК) обсуждалась наряду с попытками ее реализации в патентах [2–4] и публикациях последних лет [5–6], однако анализ эффективности как самой идеи, так и способов и путей ее реализации является поверхностным и в ряде случаев тенденциозным.

В связи с этим имеющихся данных недостаточно как для позитивной, так и для негативной оценки этой идеи в плане ее реализации не только в настоящее, но и в аргументированное обоснованное будущее время развития отечественных и мировых авиаперевозок.

Поэтому сделана попытка обстоятельно проанализировать продуктивность и реализуемость модульного принципа создания и эксплуатации модификаций ВС ТК в существующей системе авиаперевозок. Необходимо выделить, прежде всего, основные аргументы как положительной, так и отрицательной оценки эффективности реализации модульного принципа.

Основным аргументом в пользу реализации этого принципа является декларируемое существенное повышение экономической эффективности (доходности, рентабельности) авиаперевозок для его реализации в рамках регионального (отечественного) и /или мирового масштаба.

Основным аргументом, отрицающим эффективность обсуждаемого принципа, является неизбежное существенное повышение веса расчленяемых агрегатов – кабины пилотов и грузопассажирского (транспортного) отсека фюзеляжа.

Очевидно, что критерием продуктивности реализации модульного принципа является выраженная в стоимостных показателях абсолютная или относительная положительная разность между суммарным приростом снижения эксплуатационных расходов на годовую эксплуатацию модульной модификации ВС и суммарным убытком от увеличения взлетного веса такой модификации. Достаточно точное получение составляющих этой разности сопряжено с рядом предварительных условий (требований и ограничений).

Сформулируем хотя бы основные из этих условий.

1. Реализация модульного принципа предполагает существование (наличие) отечественного рынка авиаперевозок, в котором количество ежегодно перевозимых пассажиров и грузов избыточно по отношению к количеству компаний-авиаперевозчиков, функционирующих аэропортов базирования и предопределено наличием кадрового, технического и финансового обеспечения всей системы авиаперевозок.

2. Авиапредприятия (аэропорты и ремонтные заводы), авиакомпании (эксплуатанты) и производитель авиатехники располагают потенциальными финансовыми (экономическими), техническими, кадровыми и прочими возможностями для их реализации в целях повышения эффективности (прибыльности) своей деятельности.

3. Определено годовое количество модификаций ВС, предусмотренное к внедрению в систему авиаперевозок в намеченный год, к которому приурочена подсистема обслуживания (функционирования) технических средств и способов модульных модификаций ВС.

4. Наличие не оговоренных выше дополнительных требований и условий для реализации модульного принципа эксплуатации модификаций ВС не явля-

ется принципиальным (определяющим), способным отразиться на сформулированных выше требованиях и условиях.

Для продуцента создание такого модуля повлечет за собой удорожание заказа авиакомпании с минимизацией веса модуля и его узлов монтажа в фюзеляже, которое частично можно компенсировать применением полимерных композиционных материалов.

В публикациях содержится информация о некоторых конструктивно-технологических решениях (КТР) рассматриваемого вида модульных модификаций ВС, которая в основном относится к проработкам Airbus [4–8] и Boeing [5–9].

Существенным обстоятельством в анализе эффективности реализации модульного принципа создания и эксплуатации модификаций ВС является два пути решения этой проблемы.

Первый путь состоит в разработке и создании специализированных модулей пассажирского салона или грузовой секции, размещаемых или закрепляемых в фюзеляже ВС, которые в дальнейшем эксплуатируются в системе авиаперевозок той или иной авиакомпанией.

Этот вид модульной модификации ВС практически не связан с какими-либо особенностями или ограничениями в системе авиаперевозок: созданием дополнительного оборудования (транспортных средств) или изменениями в организации и осуществлении работ по подготовке к рейсу ВС. Модификации этого вида расширяют возможности эксплуатирующей их компании по увеличению количества и специализации рейсов, тем самым повышая ее прибыльность. Однако это требует от авиакомпании дополнительных затрат на заказ и закупку ряда модульных модификаций у производителей ВС. При этом такие модификации неизбежно будут иметь дополнительный вес по сравнению с аналогичным по грузопассажирской вместимости ВС, а следовательно и приращение количества горючего на один тонно-километр полета, что вызывает определенное удорожание рейса.

В работе [4] отмечается, что Airbus показал прототип модульного салона самолета, который, как сообщается, позволит быстро и с минимальными затратами изменять внутреннюю компоновку ВС. При этом модульными салонами будут оборудованы грузовые самолеты.

Разработка модульного салона для установки на грузовые самолеты ведется подразделением АЗ в рамках проекта Transpose. Отработка концепции в настоящее время проводится на полноразмерном макете фюзеляжа грузового самолета Airbus A330-200F, оснащенного стандартными креплениями грузов и роликовыми системами погрузки.

Концепция Transpose предполагает создание универсальных сменных модулей, которые можно через погрузочные двери устанавливать внутри грузовых самолетов. Такие модули можно закрепить с помощью стандартной системы крепления грузов. При этом все модули, имеющие универсальные каналы для различных коммуникаций, могут стыковаться друг с другом.

В грузовом отсеке транспортного самолета А330-200F можно разместить до 12 сменных модулей. В качестве прототипов АЗ уже испытывает стандартный пассажирский модуль с креслами, бар, спортзал, рабочее место, спальня и игровой модуль для детей. Предполагается, что каждый из модулей может быть оснащен необходимым оборудованием и мебелью заранее в соответствии с запланированным полетом.

Классическим представителем второго вида модульных модификаций является схема ВС ТК со съёмным грузопассажирским модулем фюзеляжа (рис. 1), описанная в [11].

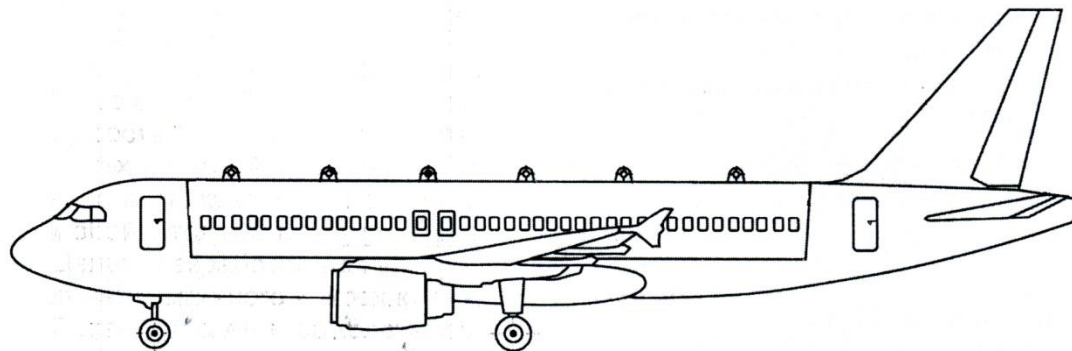


Рис. 1. Схема самолета со съёмным модулем фюзеляжа

Известно, что ВС приносит доход эксплуатирующей авиакомпании только тогда, когда находится в воздухе. Если ВС находится на земле, в аэропорту, авиакомпания несет большие затраты на аэродромное обслуживание. Чем больше время стоянки самолета на земле, тем меньше фактическое время его полета.

Кроме того, доставка пассажиров тем или другим способом к самолету и размещение их на местах в большом самолете занимают много времени.

Это приводит к тому, что время стоянки самолетов на земле превышает время, необходимое для предполетных работ, таких, как заправка топлива, регламентные технические проверки, уборка пассажирского салона, подготовка пилотами плана полета. Таким образом, сокращение времени пребывания самолета в аэропорту приводит к уменьшению затрат и увеличению прибыли авиакомпаний [9].

Известно также, что внутренняя конфигурация фюзеляжа и транспортной кабины определяется при проектировании и изготовлении самолета. По несколько модификаций имеют и пассажирские, и грузовые самолеты. Иногда применяют грузопассажирские самолеты. Но их характеристики уступают характеристикам специализированных самолетов. Следовательно, авиакомпании, у которых есть желание и необходимость предлагать различные типы кабин, различные уровни комфорта или иное, должны иметь несколько самолетов. Это очень дорого, более того, некоторые модификации могут быть редко востребованы, что приводит к дополнительным расходам на них.

Поэтому у авиакомпаний появляется желание не изменять самолеты под требования рынка, а иметь базовые самолеты с разными кабинами: пассажирскими, грузовыми, военно-транспортными. Их взаимозаменяемость и быстрая погрузка-разгрузка обеспечат возможность базовому самолету до 90 % времени находиться в полете, а не на земле.

В работе [10] достаточно подробно описана последовательность функционирования самолета со съёмным модулем фюзеляжа. Авторы отмечают, что появление ВС описанной конструкции и транспортного средства стало возможным при их конструировании из современных материалов и композитов – углепластика, титана. Применение современных материалов позволит снизить до конкурентного уровня вес воздушного судна, несмотря на использование в нем

дополнительных узлов крепления съемного каabinного модуля к нижней части фюзеляжа.

Схема самолета с отсоединенным модулем фюзеляжа показана на рис. 2.

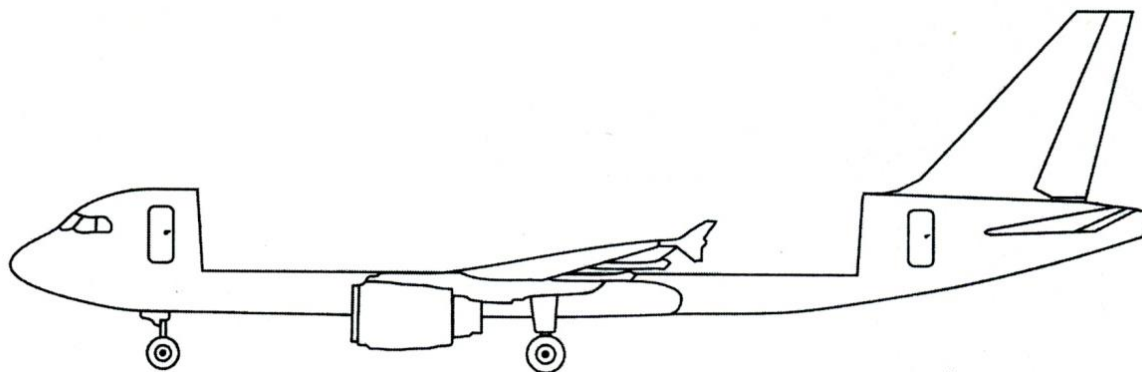


Рис. 2. Схема самолета с отсоединенным модулем фюзеляжа

Как утверждается в [10], модульный самолет позволит сэкономить на стоимости пассажирских и грузовых перевозок, прибыль от которых оценивается примерно в 8–10 дол. на человека, и ускорить работу аэропортов. Сократится время пребывания пассажиров в терминале аэропорта. Съёмные взаимозаменяемые каabinные модули и транспортное средство для их перевозки и стыковки с ВС оптимизируют также логистику аэропортов.

Рассмотрим составляющие оценки возможностей реализации модульного принципа для повышения прибыльности системы авиаперевозок. Исходные данные для относительно точного анализа поставленной задачи отсутствуют. Частично для такого анализа может быть использована монография Ю. Ф. Кулаева [11] и косвенно ряд других публикаций [12–20].

Для обсуждаемой оценки необходим анализ основных вопросов деятельности авиакомпаний и аэропортов, а также технического обслуживания ВС.

Обобщенный анализ информации, содержащейся в монографии [11] и ряде других источников [12–20], позволяет синтезировать упрощенную блок-схему комплексных методик анализа эффективности создания и эксплуатации модульных модификаций ВС в системе авиаперевозок в сравнении с традиционной (немодульной) модификацией, реализующей съёмный грузопассажирский модуль (рис. 3). Модификация ВС, в которой реализуется встроенные внутрифюзеляжные модули, и вариант со съёмным грузопассажирским модулем, несущественно отличается от схемы на рис. 3, поэтому ниже кратко анализируются только основные фрагменты этой блок-схемы.

Основное содержание блока «Требования и ограничения» приведено выше. Методика определения себестоимости авиаперевозок с принципиальными уточнениями может быть заимствована из монографии [11].

Ключевые вопросы реализации технического обслуживания и ремонта ВС ТК достаточно подробно освещены в ряде публикаций последнего периода, когда во всем мире производители ВС повсеместно перешли от методологии создания ВС с назначенным ресурсом к концепции поддержания их летной годности по состоянию [12–20].

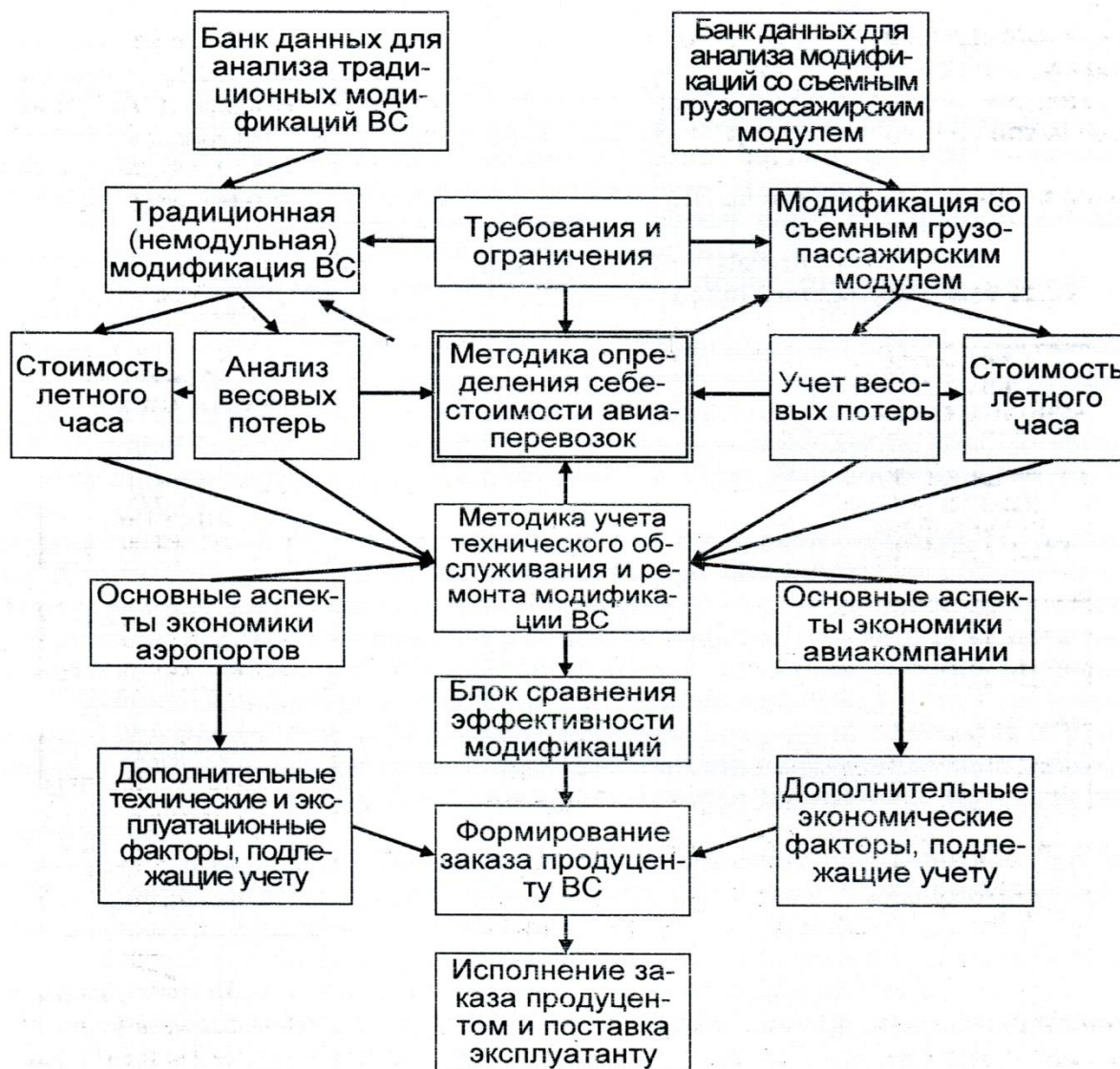


Рис. 3. Укрупненная блок-схема комплексной методики анализа эффективности реализации модификации ВС со съёмным грузопассажирским модулем

Следует особо выделить монографии профессора Н. Н. Смирнова, первая из которых [12], вышедшая в 1963 году, содержит обстоятельно изложенные аспекты технического обслуживания ВС ТК периода обеспечения их летной годности по назначенному ресурсу, а последующие [13–20] отражают современное состояние проблемы технической эксплуатации в условиях рыночной экономики – концепции эксплуатации самолетов по состоянию.

В монографии [19] изложены основы технической эксплуатации и ремонта ВС, в частности, кратко изложены вопросы организации и управления эффективностью процессов технической эксплуатации ВС.

По-видимому, информации, содержащейся в цитированных выше источниках достаточно для начального функционирования блока «Методика учета технического обслуживания и ремонта модификаций ВС» с учетом необходимости его дальнейшего дополнения отечественными данными.

Что касается весовых потерь при создании традиционных модификаций

ВС, как использующих модульный принцип, так и немодульных, то их анализ, по-видимому, может быть выполнен на основе идеи и метода монографии [21].

В этой монографии изложена методика снижения «лишней массы» конструкции, под которым авторы понимают его технологические конструктивные составляющие, а также составляющую, связанную с несовершенством методов расчета, которую можно снизить путем последующего наращивания на узел или деталь нагрузок вплоть до разрушающих. Изложенные методики изменения 1 кг массы для грузовых (транспортных) и пассажирских ВС, несомненно, требуют их соответствующей модификации и обеспечения статистическими данными в части конкретизации приложения к тем или иным КТР.

Тем не менее, в целом эти методики могут оказаться продуктивными для учета весовых потерь, при проектировании продуцентом традиционных (немодульных) и модульных модификаций ВС при реализации комплексной блок-схемы рис. 3.

### **Выводы**

1. Рассмотрены перспективы реализации модульных модификаций в авиакомпаниях отечественных авиаперевозок в условиях дальнейшего развития рыночной экономики. Модификации, основанные на реализации модульного принципа, классифицированы на два типа: в виде автономных модулей, размещаемых при эксплуатации ВС в фюзеляже, и в виде съемного модульного отсека фюзеляжа ВС.

2. Выполнен обзор и анализ существующих проектов этих типов модульных КТР, сравнение их преимуществ и недостатков в технико-экономических аспектах перспектив их реализуемости. Проведена оценка возможностей эффективной реализации модульного принципа модификаций ВС ТК, для чего был выполнен обобщенный анализ отечественной и зарубежной информации, связанной с обсуждаемой проблемой, на основе которого синтезирована укрупненная блок-схема комплексной методики анализа эффективности эксплуатации модульной модификации в системе авиаперевозок в сравнении с традиционными (существующими).

3. Вскрыты ключевые аспекты содержания основных блоков схемы:

- основные положения технического обслуживания и ремонта ВС в современных условиях их эксплуатации по состоянию на основе зарубежного опыта;

- основные аспекты содержания блоков учета весовых потерь при проектировании и реализации традиционных и модульных модификаций ВС.

4. Обобщенная информация, связанная с реализацией синтезированной блок-схемы, ориентированная на последующее дополнение, должна стать основой методов обеспечения соответствия и нормативной документации при проектировании и реализации перспективных отечественных модификаций ВС ТК.

### **Список литературы**

1. Гайдачук, В. Е. Состояние и перспективы развития отечественного гражданского самолетостроения, рынка авиаперевозок и их взаимосвязи / В. Е. Гайдачук, В. Ю. Серебрянникова // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии : сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та

им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Харьков, 2020. – Вып. 88. – С. 31–50. doi: 10.32620/oikit.2020.88.03.

2. Пат. 9 193 460 США, МПК В64 D 9/00; В 64 С 39/02, В 64 F 1/31, В 64 F 1/30. Способ посадки и высадки пассажиров воздушного судна со сниженным временем стоянки воздушного судна, воздушное судно и терминал аэропорта для его реализации / Янн-Анри Лаудрейн; заявитель Янн-Анри Лаудрейн; владелец Аэрбас. – № US 9, 193, 460B2 (45); заявл. 28/02/2012; опубл. 05.09.2013.

3. Пат. 52936 Украина, МПК (2009) В 64 D 25/00, D 64 C 1/32, D 64 C 3/54. Самолет с устройством для спасения пассажиров при аварийной ситуации / В. Н. Татаренко; заявитель и владелец пат. В. Н. Татаренко. – № u201006448; заявл. 27.05.2010; опубл. 10.09.2010. Бюл. № 17.

4. Airbus показал модульный салон самолета [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://cfts.org.ua/news/2017/07/11/airbus\\_pokazal\\_modulnyy\\_salon\\_samoleta\\_41656](https://cfts.org.ua/news/2017/07/11/airbus_pokazal_modulnyy_salon_samoleta_41656). – 11.07.2017.

5. Европейцы показали модульный салон самолета [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nplus1.ru/news/2017/07/11/airbus>. – 11.07.2017.

6. Airbus получила патент на сменную кабину для пассажиров [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://json.tv/tech\\_trend\\_find/airbus-poluchil-patent-na-smennuyu-kabinu--20151126044921](https://json.tv/tech_trend_find/airbus-poluchil-patent-na-smennuyu-kabinu--20151126044921). – 19.07.2017.

7. Clip-Air – модульный самолет с отсеками для грузов и пассажиров [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://hightech.fm/2016/07/12/clip-air>. – 12.07.2016.

8. Airbus запатентовала систему модульных авиаперевозок [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fainaidea.com/technologii/airbus-zapatentovala-sistemu-modulnyh-av-92929.html>. – 02.12.2015.

9. Boeing заинтересовался идеей летающего поезда «Link&Fly» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.techcult.ru/technics/5537-boeing-zainteresovalsya-ideej-letayushhego-poezda>. – 16.07.2018.

10. Схема самолета транспортной категории со сменным грузопассажирским модулем фюзеляжа / В. Н. Татаренко, А. В. Шалудько, А. Г. Гребеников, Б. В. Лупкин // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии : сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Харьков, 2017. – Вып. 76. – С. 16–22.

11. Кулаев, Ю. Ф. Экономика гражданской авиации Украины / Ю. Ф. Кулаев. – Киев : Феникс, 2004. – 667 с.

12. Смирнов, Н. Н. Эксплуатационная технологичность самолетных конструкций / Н. Н. Смирнов. – М. : Оборонгиз, 1963. – 125 с.

13. Смирнов, Н. Н. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию / Н. Н. Смирнов, А. А. Ицкович. – М.: Транспорт, 1987. – 272 с.

14. Смирнов, Н. Н. Эксплуатационная технологичность летательных аппаратов / Н. Н. Смирнов, Ю. М. Чинючин. – М. : Транспорт, 1994. – 256 с.

15. Смирнов, Н. Н. Техническая эксплуатация летательных аппаратов / Н. Н. Смирнов, Н. И. Владимиров. – М. : Транспорт, 1990. – 423 с.

16. Смирнов, Н. Н. Современные проблемы технической эксплуатации воздушных судов / Н. Н. Смирнов, Ю. М. Чинючин. – М. : МГТУ ГА, 2007. – 83 с.

17. Техническая эксплуатация пилотажно-навигационных комплексов / под ред. А. В. Скрипуа. – М. : Транспорт, 1992. – 296 с.

18. Техническая эксплуатация авиационного оборудования / под ред. В. Г. Воробьева. – М. : Транспорт, 1990. – 296 с.



19. Чекрыжев, Н. В. Основы технического обслуживания воздушных судов / Н. В. Чекрыжев. – Самара : СТАУ, 2015. – 84 с.
20. Писаренков, В. Н. Техническое обслуживание воздушных судов как система поддержки летной годности авиационной техники / В. Н. Писаренков. – Самара : Самарский науч. центр Рос. акад. наук, 2017. – 170 с.
21. Беляков, И. Т. Технологические проблемы проектирования летательных аппаратов / И. Т. Беляков, Ю. Д. Борисов. – М. : Машиностроение, 1978. – 240 с.

## References

1. Gajdachuk, V. E., Serebrjannikova, V. Ju. *Sostojanie i perspektivy razvitija otechestvennogo grazhdanskogo samoletostroenija, rynka aviaperevozok i ih vzaimosvjazi* [State and prospects for the development of domestic civil aircraft construction, the air transportation market and their relationship]. *Otkrytye informacionnye i komp'juternye integrirovannye tehnologii: sb. nauch. trudov Nac. ajerokosm. un-ta im. N. E. Zhukovskogo «Har'k. aviac. in-t».* – Kharkov: KhAI, Publ. 2020, no. 88. pp. 31–50. doi: 10.32620/oikit.2020.88.03.
2. Pat. 9 193 460 SShA, MPK B64 D 9/00; B 64 C 39/02, B 64 F 1/31, B 64 F 1/30. *Sposob posadki i vysadki passazhirov vozdushnogo sudna so snizhennym vremenem stojanki vozdushnogo sudna, vozdushnoe sudno i terminal ajeroporta dlja ego realizacii* [Method of boarding and disembarking aircraft passengers with reduced aircraft parking time, aircraft and airport terminal for its implementation] / Jann-Anri Laudrej ; zajavitel' Jann-Anri Laudrej; vla-delec Ajerbas. – № US 9, 193, 460V2 (45) ; zajavl. 28/02/2012 ; opubl. 05.09.2013.
3. Pat. 52936 Ukraina, MPK (2009) B 64 D 25/00, D 64 C 1/32, D 64 C 3/54. *Samolet s ustrojstvom dlja spasenija passazhirov pri avarijnoj situacii* [Aircraft with a device for rescuing passengers in an emergency]. / V. N. Tatarenko ; zajavitel' i vladelec pat. V. N. Tatarenko. – № u201006448 ; zajavl. 27.05.2010 ; opubl. 10.09.2010. Bjul. № 17.
4. *Airbus pokazal modul'nyj salon samoleta* [Airbus showed a modular aircraft cabin] [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [https://cfts.org.ua/news/2017/07/11/airbus\\_pokazal\\_modulnyj\\_salon\\_samoleta\\_41656](https://cfts.org.ua/news/2017/07/11/airbus_pokazal_modulnyj_salon_samoleta_41656). – 11.07.2017
5. *Evropejcy pokazali modul'nyj salon samoleta* [The Europeans showed the modular cabin of the aircraft] [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://nplus1.ru/news/2017/07/11/airbus>. – 11.07.2017.
6. *Airbus poluchila patent na smennuju kabinu dlja passazhirov* [Airbus received a patent for a removable cabin for passengers] [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [https://json.tv/tech\\_trend\\_find/airbus-poluchil-patent-na-smennuju-kabinu--20151126044921](https://json.tv/tech_trend_find/airbus-poluchil-patent-na-smennuju-kabinu--20151126044921). – 19.07.2017.
7. *Clip-Air – modul'nyj samolet s otsekami dlja gruzov i passazhirov* [Clip-Air is a modular aircraft with compartments for cargo and passengers] [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [https://hightech.fm/2016/07/12/clip\\_air](https://hightech.fm/2016/07/12/clip_air). – 12.07.2016.
8. *Airbus zapatentovala sistemu modul'nyh aviaperevozok* [Airbus has patented a system of modular air transportation] [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://fainaidea.com/tehnologii/airbus-zapatentovala-sistemu-modulnyh-av-92929.html>. – 02.12.2015.
9. *Boeing zainteresovalsja ideej letajushhego poezda «Link&Fly»* [Boeing became interested in the idea of a "Link & Fly" flying train] [Jelektronnyj resurs]. Rezhim

dostupa: <https://www.techcult.ru/technics/5537-boeing-zainteresovalsya-ideej-letayushego-poezda>. – 16.07.2018.

10. Tatarenko, V. N., Shalud'ko, A. V., Grebennikov, A. G., Lupkin, B. V. *She-ma samoleta transportnoj kategorii so smennym gruzopassazhirskim modulem fjuzel-jazha* [Scheme of a transport category aircraft with a replaceable cargo-passenger fuselage module]. *Otkrytye informacionnye i komp'juternye integrirovannye tehnologii: sb. nauch. trudov Nac. ajerokosm. un-ta im. N. E. Zhukovskogo «Har'k. aviac. in-t»*. – Kharkov: KhAI, Publ. 2017, no. 76. pp. 16–22.

11. Kulaev, Ju. F. *Jekonomika grazhdanskoj aviacii Ukrainy* [Economics of Civil Aviation of Ukraine]. Kiyv: Feniks, Publ. 2004. 667 p.

12. Smirnov, N. N. *Jekspluacionnaja tehnologichnost' samoletnyh konstrukcij* [Operational manufacturability of aircraft structures]. Moscow: Oborongiz, Publ. 1963. 125 p.

13. Smirnov, N. N., Ickovich, A. A. *Obsluzhivanie i remont aviacionnoj tehniki po sostojaniju* [Maintenance and repair of aviation equipment as per condition]. Moscow: Transport, Publ. 1987. 272 p.

14. Smirnov, N. N., Chinjuchin, Ju. M. *Jekspluacionnaja tehnologichnost' letatel'nyh apparatov* [Operational manufacturability of aircraft]. Moscow: Transport, Publ. 1994. 256 p.

15. Smirnov, N. N., Vladimirov, N. I. *Tehnicheskaja jekspluatsija letatel'nyh apparatov* [Technical operation of aircraft]. Moscow: Transport, Publ. 1990. 423 p.

16. Smirnov, N. N., Chinjuchin, Ju. M. *Sovremennye problemy tehnicheskoi jekspluatsii vozdushnyh sudov* [Modern problems of technical operation of aircraft]. Moscow: MGTU GA, Publ. 2007. 83 p.

17. *Tehnicheskaja jekspluatsija pilotazhno-navigacionnyh kompleksov* [Technical operation of flight and navigation complexes]. / pod red. Skripua A. V. Moscow: Transport, Publ. 1992. 296 p.

18. *Tehnicheskaja jekspluatsija aviacionnogo oborudovanija* [Technical operation of aviation equipment]. / pod red. Vorob'eva V. G. Moscow: Transport, Publ. 1990. 296 p.

19. Chekryzhev, N. V. *Osnovy tehnicheskogo obsluzhivanija vozdushnyh sudov* [Fundamentals of aircraft maintenance]. Samara: STAU, Publ. 2015. 84 p.

20. Pisarenkov, V. N. *Tehnicheskoe obsluzhivanie vozdushnyh sudov kak sistema podderzhki letnoj godnosti aviacionnoj tehniki* [Aircraft maintenance as a support system for the airworthiness of aviation equipment]. Samara: Samarskij nauch. centr Ros. akad. nauk, Publ. 2017. 170 p.

21. Beljakov, I. T., Borisov, Ju. D. *Tehnologicheskie problemy proektirovanija letatel'nyh apparatov* [Technical problems of aircraft design]. Moscow: Mashinostroenie, Publ. 1978. 240 p.

Надійшла до редакції 11.09.2021, розглянута на редколегії 12.09.2021

## **Аналіз можливостей реалізації модульного принципу створення модифікацій повітряних суден та їх ефективної експлуатації в системі вітчизняних авіаперевезень**

Відомо, що повітряне судно дає дохід авіакомпанії, що його експлуатує, тільки тоді, коли знаходиться в повітрі. Коли воно перебуває на землі, в аеропорту, авіакомпанія зазнає великих витрат на його аеродромне обслуговування.

Чим більше час стоянки літака на землі, тим менше фактичний час польоту літака. У зв'язку з цим проаналізовано можливість реалізації одного з перспективних принципів створення й ефективної експлуатації модифікацій повітряних суден транспортної категорії – модульний принцип. Розглянуто перспективи реалізації модульних модифікацій в авіакомпаніях вітчизняних авіаперевезень в умовах подальшого розвитку ринкової економіки. Модифікації, що базуються на реалізації модульного принципу, класифіковано на два типи – у вигляді автономних модулів, що розміщуються при експлуатації повітряних суден у фюзеляжі, і у вигляді знімного модульного відсіку фюзеляжу повітряного судна. Проведено огляд та аналіз наявних проектів цих типів модульних конструктивно-технологічних рішень, порівняння їх переваг і недоліків у техніко-економічних аспектах перспектив їх реалізації. Оцінено можливість ефективної реалізації модульного принципу модифікацій повітряних суден транспортної категорії, для чого було виконано узагальнений аналіз вітчизняної та зарубіжної інформації, пов'язаної з обговорюваною проблемою, на основі якого синтезовано укрупнену блок-схему комплексної методики аналізу ефективності експлуатації модульних модифікацій у системі авіаперевезень порівняно з традиційними (наявними). Розкрито ключові аспекти змісту основних блоків схеми, що містять основні положення технічного обслуговування й ремонту повітряних судів у сучасних умовах їх експлуатації за станом на основі зарубіжного досвіду, а також основні аспекти змісту блоків обліку вагових втрат при проектуванні й реалізації традиційних і модульних модифікацій повітряних суден. Узагальнена інформація, пов'язана з реалізацією синтезованої блок-схеми, орієнтована на подальше доповнення, має стати основою методів забезпечення відповідності й нормативної документації при проектуванні й реалізації перспективних вітчизняних модифікацій повітряних суден транспортної категорії.

**Ключові слова:** модифікації повітряних суден, модульний принцип, ефективність авіаперевезень, методика аналізу ефективності, авіаційний бізнес.

### **Analysis of the possibilities of implementing the modular principle of creating aircraft modifications and their effective operation in the system of domestic air transportation**

It is known that an aircraft generates income for the operating airline only when it is in the air. Being on the ground, at the airport, airlines incur high costs for aerodrome maintenance of the aircraft. The longer the aircraft is stationary on the ground, the shorter the actual flight time of the aircraft. In this regard, the possibility of implementing one of the promising principles for the creation and effective operation of modifications of aircraft of the transport category - the modular principle - has been analyzed. The prospects for the implementation of modular modifications in domestic airlines in the context of further development of the market economy are considered. Modifications based on the implementation of the modular principle are classified into two types - created in the form of autonomous modules placed in the fuselage during aircraft operation and in the form of a removable modular compartment of the aircraft fuselage. A review and analysis of existing projects of these types of modular constructive and technological solutions, a comparison of their advantages and disadvantages in the technical and economic aspects of the prospects for their feasibility are carried out. The possibility of effective implementation of the

modular principle of modifications of aircraft of the transport category was assessed, for which a generalized analysis of domestic and foreign information related to the state of the problem under discussion was carried out, on the basis of which an enlarged block diagram of a comprehensive methodology for analyzing the efficiency of operation of modular modifications in the air transportation system was synthesized in comparison with traditional (existing). The key aspects of the content of the main blocks of the scheme are revealed, including the main provisions of the maintenance and repair of aircraft in modern conditions of their operation, based on foreign experience, as well as the main aspects of the content of the blocks for accounting for weight losses in the design and implementation of traditional and modular modifications of aircraft. The generalized information related to the implementation of the synthesized block diagram, focused on subsequent addition, should form the basis of compliance methods and regulatory documentation in the design and implementation of promising domestic modifications of aircraft of the transport category.

**Keywords:** aircraft modifications, modular principle, efficiency of air transportation, method of efficiency analysis, aviation business.

#### **Сведения об авторах:**

**Гайдачук Виталий Евгеньевич** – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник кафедры конструкций и проектирования ракетной техники Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», г. Харьков, Украина, [arbalet98@ukr.net](mailto:arbalet98@ukr.net), ORCID ID: 0000-0001-7202-5109; Scopus ID: 16645685800

**Серебрянникова Виктория Юлиевна** – генеральный директор ООО «Авиакомпания Джоника», г. Киев, Украина.

#### **About the Authors:**

**Gaidachuk Vitaliy Evgenievich** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Structures and Design of Rocket Technology, National Aerospace University named after Zhukovsky "Kharkov Aviation Institute", Kharkov, Ukraine, [arbalet98@ukr.net](mailto:arbalet98@ukr.net), ORCID ID: 0000-0001-7202-5109; Scopus ID: 16645685800

**Serebryannikova Victoria Yulievna** – General Director of Jonika Airline LLC, Kiev, Ukraine.