

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Арутюнова Артема Георгиевича «Методика определения рационального облика коммерческого тяжёлого рампового грузового самолёта на этапе концептуального проектирования из условия его прибыльности», представленную к защите в диссертационный Совет Д 212.125.10 на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов

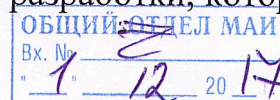
Диссертация Арутюнова А.Г. представляет собой во многих отношениях оригинальную научную работу, заявленная цель которой – разработка методики определения рационального облика коммерческого грузового самолёта – сопровождается решением нескольких новых научных задач. Их необычность связана с особой областью приложения, а именно, с исследованием перспектив развития авиационной техники для перевозки уникальных негабаритных и иных грузов коммерческими авиатранспортными компаниями.

**Актуальность темы** диссертационной работы Арутюнова А.Г. представляется очевидной, поскольку обеспеченное научно-техническим заделом создание отечественного тяжёлого транспортного самолёта позволило бы сохранить и развить в перспективе рынок грузовых перевозок, созданный отечественными гражданскими перевозчиками, эксплуатирующими парк самолётов Ан-124. Старение этих самолётов в значительной мере является проблемой и для военно-транспортной авиации России, которая была лишена возможности своевременно осуществить проект Ил-106 взамен исчерпавшего срок службы самолёта Ан-22.

**О содержании работы.** Диссертация содержит описание методологии и результатов научно-исследовательской работы, посвящённой концептуальному проектированию перспективного тяжёлого грузового самолёта с задней рампой. Изложение характеризуется ясностью мысли, хорошим языком, множеством и разнообразием доказательного материала. Диссертационная работа включает четыре главы.

*Первая глава* посвящена ретроспективному анализу развития транспортной авиации. Из множества классифицированных автором типов самолётов транспортной категории выделены грузовые самолёты рассматриваемого типа, описано их назначение, характерные для них технические параметры и проектные особенности (грузовые рампы, погрузочно-разгрузочное оборудование и т.д.).

Выполнен прогноз развития авиационных технологий в связи с перспективами создания тяжёлого транспортного самолёта с грузовой рампой. Указаны направления научно-технического прогресса в области аэродинамики и двигателей, конструкции и материалов. Определены научные разработки, которые



могут составить технологический базис для проекта будущего самолёта. В их числе двигатели с увеличенной степенью двухконтурности, их интеграция с планером и КМ-конструкции планера.

Результаты научных исследований в этой главе могут быть оценены в соответствии с ГОСТ Р57194.1-2016 как достижение первого уровня готовности технологий для концептуального проекта самолёта.

*Вторая глава* включает разработку автоматизированной расчётной системы, позволяющей на основе проектных признаков исследуемых вариантов самолёта и их геометрической модели выполнить оценку аэродинамических и весовых характеристик, определить лётно-технические и взлётно-посадочные характеристики. Для расчётной системы использована блочно-модульная схема построения. Применены полуэмпирические инженерные алгоритмы для оценки технических характеристик, дополненные авторскими разработками, учитывающими множество особенностей транспортных самолётов с грузовой рампой. Описание расчётных алгоритмов отличается исключительной детальностью, допускающей их непосредственное использование другими специалистами. Точность расчётов, выполненных посредством разработанной методики, подтверждена серией тестовых примеров. В автоматизированном режиме эта расчётная система позволяет выполнять параметрические исследования.

*Третья глава* является центральной в диссертационной работе. Она содержит обоснование выбранного экономического критерия – прибыли эксплуатанта, используемой при оценке проектных вариантов самолёта. Поскольку прибыль рассматривается как разница между совокупной выручкой и полной стоимостью жизненного цикла, то и анализируются два соответствующих направления.

Для анализа затрат составлено описание этапов жизненного цикла изделия – от концептуального до эксплуатационного. В соответствии с техническими особенностями проектных вариантов алгоритмически определены экономические затраты на все этапы ЖЦ с использованием зарубежной методики (Roskam J. «Airplane design»), усовершенствованной автором в связи со спецификой грузовых самолётов.

Доходы моделируются на основе представлений об объёме ежегодной транспортной работы и типовой номенклатуры грузов, перевозимых коммерческой авиакомпанией. Эти данные сопоставляются с техническими возможностями вариантов транспортного самолёта, из которых важнейшими являются размеры грузовой кабины. В результате устанавливается возможный коэффициент загрузки и степень использования самолёта на рынке грузовых перевозок, от которого зависит его экономическая эффективность.

Алгоритм расчёта экономических показателей и их программная реализация включены в автоматизированную расчётную систему вместе с блоками расчёта технических характеристик.

*Четвёртая глава* решает задачи апробации разработанной методики исследования и содержит результаты её практического применения при концептуальном проектировании. Получено, в частности, что в условиях коммерческой эксплуатации экономически более выгодным является применение тяжёлого транспортного самолёта с меньшей чем у Ан-124 максимальной грузоподъёмностью и шириной грузового пола. С учётом этих выводов сформировано для сравнения несколько концептуальных вариантов самолёта, отличающихся схемными признаками и уровнем совершенства применяемых технологий. Анализ проектных вариантов показал чувствительность экономического критерия к использованию инновационных решений и численности однотипных самолётов в производстве и эксплуатации, которая может быть увеличена с применением метода унификации.

Несомненно, применение разработанного автором методического обеспечения концептуального проектирования позволяет решать также ряд экономических задач. В частности, для принятия ответственных решений по программе создания самолёта методика позволяет оценить затраты на ЖЦ изделия, определить ожидаемую прибыль от эксплуатации (в примерах – около 3 млрд.долл./год) и сроки окупаемости проекта.

**Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций.**  
Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем.

- Определена область гражданского применения и описаны технические особенности тяжёлых грузовых самолётов с задней рампой.
- Осуществлены первые этапы концептуального проектирования перспективного тяжёлого грузового самолёта с учётом его коммерческого применения. Достигнут второй уровень готовности технологий (научных разработок) концептуального проекта.
- Выполнено научно-методическое обеспечение проектных исследований, которое включает разработку автоматизированной расчётной системы, обеспечивающей оценку технических и экономических характеристик концептуальных вариантов по схемным признакам и геометрической модели с учётом существенных особенностей самолётов с грузовыми рампами.
- В качестве нового критерия для выбора рациональных проектных решений применена «прибыль» эксплуатанта, для определения которой разработана расчётная модель. При этом расходы определены как стоимость жизненного цикла, а прогнозируемые доходы складываются с

учётом номенклатуры грузов, частоты рейсов и технических возможностей варианта самолёта.

- Апробация разработанной методологии позволила получить существенные научные результаты и рекомендации по выбору максимальной грузоподъёмности тяжёлого грузового самолёта и размерам его грузовой кабины. Показана чувствительность методического обеспечения к выбору схемных решений и уровню применяемых технологий, что делает разработанную методику пригодной для практического применения при решении задач концептуального проектирования самолётов указанного типа.

Обоснованность полученных научных результатов базируется на последовательном выполнении требований к содержанию и порядку концептуального проектирования; на применении фундаментальных закономерностей, выявленных методом статистического анализа; на тщательном проведении тестовых испытаний вновьразработанных расчётных методов с получением приемлемой точности расчётов.

**Достоверность результатов** применения разработанной автором методики показана на тестовых примерах расчёта тяжёлых самолётов транспортной категории с известными данными. В их числе Ан-124, С-5, В-747, С-17, Ил-96Т, Ил-76, Ил-86 и другие. Показано, что точность расчёта их характеристик достаточна для решения задач концептуального проектирования.

**Научная новизна.** Как известно, создание авиационной техники нового поколения является длительным процессом. Жизненный цикл перспективного изделия включает концептуальную, демонстрационную, производственную и эксплуатационную стадии. Представленная диссертационная работа является концептуальной разработкой, достигшей второго уровня готовности технологий будущего транспортного самолёта и опередившей конструкторскую разработку его проекта. Исследование, положенное в основу диссертации, является инициативным, выполненным до начала будущей государственной программы создания самолёта.

Кроме того, в этой диссертации впервые проект транспортного самолёта класса Ан-22 или С-17 рассмотрен как средство для перевозки коммерческих грузов, а не военной техники и вооружения, что оказало своё влияние на выбор его проектных параметров. При этом следует отметить выбор прибыли эксплуатанта в качестве нового экономического критерия эффективности технических решений. В других исследованиях таким критерием считаются прямые или косвенные эксплуатационные расходы, иногда – стоимость жизненного цикла. Выбор нового критерия (естественного для компании-заказчика) повлёк за собой решение новых задач при формировании методики концептуального проектирования тяжёлого транспортного самолёта, в т.ч.

разработку модели, устанавливающей связь между экономическими показателями и техническими параметрами концептуальных проектов самолёта.

**Практическую значимость** диссертации Арутюнова А.Г. определяют, в первую очередь, разработанные им методы расчёта аэродинамических, весовых и лётно-технических характеристик тяжёлых самолётов с грузовой рампой, которые учитывают характерные для них конструктивные особенности в отличие от других самолётов транспортной категории. Эти материалы могут быть полезны для практикующих авиационных специалистов и учебной подготовки в авиационных вузах.

Иную практическую ценность имеют результаты оптимизации проектных параметров самолёта, полученных на сети грузоперевозок, типичных для авиатранспортной компании «Волга-Днепр». Именно так были определены рациональные размеры грузовой кабины и сделан вывод о коммерческой целесообразности применения самолёта меньшего класса грузоподъёмности (до 80-90 т), чем грузоподъёмность существующего Ан-124. Эти результаты способны оказать влияние на развитие будущего проекта тяжёлого транспортного самолёта в отечественном авиастроении.

**Замечания.** Анализ содержания и оформления диссертационной работы позволяет отметить следующее.

- Представленная диссертация изложена на 252 листах, что очевидно является избыточным объёмом для квалификационной работы на соискание учёной степени кандидата технических наук. Как правило, научное содержание такой работы рекомендуется излагать не более, чем на 120-150 листах.
- Приложения А, Б, В, Г в диссертации содержат ценный фактический материал, но не имеют собственных наименований.
- Статистический анализ транспортных характеристик грузовых самолётов («нагрузка-дальность»), помещённый в начале Главы 3, был бы полезен уже в Главе 1 при анализе назначения самолётов этого типа.

Приведённые замечания никак не снижают практическую ценность работы, не влияют на обоснованность защищаемых научных положений и не умаляют положительной оценки диссертации.

**Заключение.** Диссертация представляет собой завершённую квалификационную работу, выполненную автором самостоятельно и на высоком научном уровне. Она содержит новое решение актуальной исследовательской задачи, имеющей важное практическое значение для разработки технической концепции и критических технологий создания перспективного тяжёлого грузового самолёта с рампой.

Полученные автором результаты являются вполне обоснованными и достоверными. Они получили освещение в четырёх печатных работах, рекомендуемых ВАК РФ. Диссертация соответствует паспорту специальности 05.07.02. Согласно формуле специальности её отличительной особенностью является системотехническое изучение вопросов проектирования с учётом экономики. Области исследования определяются пунктами 1, 3, 5, 9, 10. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа отвечает требованиям Положения «О присуждении учёных степеней», а её автор Арутюнов А.Г. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

*Официальный оппонент:*

Заместитель начальника НИО-10  
НИК УНП ФГУП «Центральный  
аэрогидродинамический институт»  
им. проф. Н.Е. Жуковского,  
кандидат технических наук

Скворцов  
Евгений Борисович

140180, Московская область,  
г.Жуковский, ул.Жуковского, д.1  
E-mail: Skvortsov-tsagi@ya.ru  
Тел.: 8(495)556-31-93

*«Подпись официального оппонента  
Скворцова Е.Б. удостоверяю»*

Учёный секретарь  
диссертационного Совета Д 403.004.01,  
доктор физико-математических наук



Брутян  
Мурад Абрамович

08.12.2017 *Trubny*