

## Отзыв

официального оппонента д.т.н., профессора Комарова Валерия Андреевича  
на диссертацию Арутюнова Артёма Георгиевича на тему  
«Методика определения рационального облика коммерческого тяжелого  
рампового грузового самолета на этапе концептуального проектирования из  
условия его прибыльности», представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование,  
конструкция и производство летательных аппаратов

### **Актуальность темы.**

Тема диссертации Арутюнова Артёма Георгиевича представляется,  
безусловно, актуальной по следующим причинам:

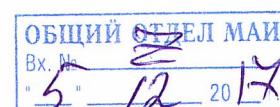
- Объем грузовых перевозок авиационным транспортом во всем мире имеет постоянный, слегка колеблющийся, рост;
- ряд успешных грузовых самолетов был спроектирован и построен в прошлом веке;
- новые сверхтяжелые рамповые самолеты давно не проектировались, существующий парк таких самолетов имеет ограниченный ресурс. Особенно это касается нашей страны, которая в то же время имеет прекрасную материальную базу в Ульяновске для создания крупноразмерных самолетов.

### **Новизна и достоверность выводов и результатов исследований**

**Научная новизна диссертации** состоит в выдвижении, четкой формулировке и исследовании эффективности грузовых рамповых самолетов (ГРС) через критерий «прибыльности».

Научной новизной обладают также установление функциональных связей между параметрами ГРС и прибылью от его эксплуатации на рынке авиационных грузоперевозок.

Элементы научной новизны можно найти в разработанной уточненной методике весового и аэродинамического проектирования с учетом особенностей ГРС.



Новизной и, одновременно, практической ценностью, на наш взгляд, представляют обширные параметрические исследования влияния геометрических параметров грузовой кабины на экономическую эффективность ГРС. Фактически получены коэффициенты чувствительности, из которых следует острая чувствительность к снижению высоты кабины по сравнению с прототипом Ан-124, обнаружения оптимума по параметру ширины кабины и возможность уменьшения ее примерно на один метр, и относительно слабая чувствительность к сокращению длины кабины.

Научной новизной, на наш взгляд, обладает также введение понятия «стоимость жизненного цикла» такой сложной технической системы, как ГРС, и анализ ее компонентов.

**Достоверность** используемых математических моделей обусловлена их проверкой и корректировкой на основе обширного и разностороннего статистического материала как по срокам появления самолетов на рынке, так и по максимальной массе коммерческой нагрузки. Плюс к этому – анализ статистики грузовых перевозок предприятия «Волга-Днепр», использованный в исследовании экономических аспектов концептуального проектирования.

К этому следует добавить практически полное совпадение взлетных масс двух перспективных грузовых самолетов с максимальной коммерческой нагрузкой Ан-124, уменьшенной на 20 тонн, спроектированных по методике диссертации, с решением аналогичной задачи с использованием существенно других методик проектирования, основанных на комплексном учете весовой и аэродинамической эффективности и высокоточного математического моделирования (Комаров В.А., Лукьянов О.Е. «Концептуальное проектирование тяжелого транспортного самолета нового поколения», «Полет», №2, 2017, с. 9-20.) .

#### **Практическая значимость.**

В ходе выполнения диссертационной работы разработан относительно простой модульный вычислительный комплекс, который позволяет существенно автоматизировать многочисленные весовые и аэродинамические расчеты, которые необходимо проводить на этапе концептуального

проектирования. Комплекс позволяет вести разнообразные исследовательские работы о влиянии отдельных параметров, групп параметров и технических решений на экономическую целесообразность разработки, постройки и поставки по времени крупноразмерных ГРС.

### **Значимость выполненной работы для науки и техники**

В оценке значимости работы для науки и техники к отмеченным выше научной новизне и практической ценности, следует отметить общую направленность работы на анализ экономической эффективности коммерческих самолетов на стадии концептуальной проработки.

### **Оценка содержания диссертации.**

**Во введении** обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования. Подчеркнута необходимость учета рынка грузовых авиаперевозок через понятие «прибыль» в качестве критерия оценки конструкторских решений на этапе концептуального проектирования.

**Первая глава** носит повествовательный характер. В ней дан обстоятельный экскурс в историю авиационных грузовых перевозок. Уточнена классификация транспортных самолетов, подробно обсуждаются универсальные возможности грузовых рамповых самолетов. Глава хорошо иллюстрирована. Статистический материал представлен в графической форме. К сожалению, глава не заканчивается четкой постановкой задач исследования.

**Вторая глава** диссертации посвящена анализу, выбору и уточнению математических моделей, которые позволяют устанавливать связь различных характеристик проектируемого самолета – летно-технических, экономических и т.п. с параметрами, которые выбираются на различных этапах проектирования. В этой главе можно условно выделить две части. Первая часть, раздел 2.2, посвящена весовому проектированию самолета. В этой части приводится множество, так называемых «весовых» формул. В качестве базовой

формулы по крылу используется формула Бадягина с корректировкой, как сказано в диссертации, по современным самолетам.

Для расчета фюзеляжа и остальных частей планера предлагается большое число также весовых формул. Примечательно, что в этой части используется только оценки абсолютной массы отдельных частей и агрегатов, но не относительные.

В заключение этой части приводится верификация расчетных соотношений для определения массы отдельных частей и агрегатов путем сравнения реальных масс пустых самолетов от Ту-154 до Ан-124 и С-5А с расчетными значениями соответствующих весовых характеристик, которая показывает высокую точность весовых прогнозов.

Вторая часть этой главы, раздел 2.3, также использует ряд апробированных практикой расчетных формул. Однако, при этом широко используется корректировка аналитических соотношений на основе расчетов соответствующих характеристик с использованием методов компьютерной аэродинамики, в частности, пакета FlowVision и других. Верификация разработанных методик выполнена путем сопоставления расчетного и фактического аэродинамического качества различных самолетов, а также с результатами экспериментов.

Интересно отметить, что для определения взлетной массы в этой главе вместо традиционного уравнения весового баланса (уравнения существования) используется трансцендентное уравнение (125) на стр. 108, которое решается итерационно.

**Третья глава** может рассматриваться как основная в диссертации. В ней довольно пространно обсуждаются этапы жизненного цикла самолета от замысла до сертификации. И, наконец, в разделе 3.3 предлагается использовать «прибыль» от выполнения коммерческим парком из определенного количества самолетов конечной коммерческой работы, обусловленной условиями рынка. Далее обсуждаются различные аспекты расчета летно-технических характеристик самолета, стоимости его разработки и других расходов, связанных с его постройкой, эксплуатацией и т.д. и строится модель

вычисления прибыли. Глава содержит интересный раздел 3.5.3, связанный с прогнозированием емкости рынка грузовых авиаперевозок и востребованности в новых транспортных самолетах. Здесь использован гармонический анализ и убедительно показана способность разработанной методики прогнозировать рынок перевозок на основе ретроспективного анализа имеющихся статистических данных. Завершается глава методиками оценки совокупной стоимости жизненного цикла тяжелого транспортного самолета с проведением верификационных оценок на примере самолетов С-17 и В-747-400F.

**Четвертая глава** фактически посвящена апробации разработанного научно-методического обеспечения концептуального проектирования грузового самолета с использованием прибыльности в качестве главного критерия. Она проведена на ряде существующих самолетов. При этом показано хорошее совпадение как по отдельным важнейшим параметрам, так и по летно-техническим характеристикам. Далее рассмотрен ряд перспективных самолетов, синтезированных с использованием разработанного инструментария, в том числе и на уменьшенную взлетную массу по сравнению с прототипом Ан-124-100. В этой части главы, на наш взгляд, представляет значительный интерес проведенные исследования влияния размеров грузовой кабины на коммерческую эффективность тяжелых грузовых самолетов.

#### **Замечания по диссертации и автореферату:**

1. В диссертации используется много терминов как общепринятых, так и введенных соискателем. Однако, упомянутый на стр. 11 список терминов отсутствует, что затрудняет восприятие работы. Например, на стр. 6 «опорная» площадь крыла.

2. Важнейшие для проектирования термины «параметры» и «характеристики» четко не определены и применяются в тексте к одним и тем же сущностям. Например, второй абзац на стр. 44, или меняются местами, стр. 111.

3. Представляется неудачным словосочетание «модели технических параметров» в названии главы 2.

4. В диссертации не обсуждается книга Реймера по концептуальному проектированию (Daniel P. Raymer “Aircraft Design: a conceptual approach”, 2012), трехтомник Кива Д.С., Гребенников А.Г. «Научные основы интегрированного проектирования самолетов транспортной категории», 2014 и Европейский университетский проект самолета «Эколифтер», имеющие прямое отношение к теме диссертации.

5. В разделе 2.2 «Весовая математическая модель» используются исключительно «весовые» формулы, основанные на устаревших статистических данных по самолетам 70-х годов с поправками на более поздние проекты. К сожалению, технология поправок не освящена. В частности, это касается формулы Бадягина для расчета массы крыла на стр. 54. Кроме того, в ней используется взлетная масса, которая пока в методике диссертанта не определена. Этот путь не имеет больших перспектив, т.к. не обладает универсальностью и не может дать необходимой точности для оценки конструкции нетрадиционных форм.

6. При вычислении массы пилотажно-навигационного оборудования представляется сомнительной формула (65) на стр. 76. Она содержит вычитаемое 17056 неизвестных единиц.

Также сомнительной представляется формула (32) на стр. 64 для вычисления массы стыка крыла с фюзеляжем из которой следует, что уменьшение высоты профиля крыла в месте стыка ведет к уменьшению его массы.

7. В работе не используется математическая постановка проектных задач в терминах нелинейного математического программирования. Такая важная категория как «ограничения» появляется только на стр. 114 без математических формулировок.

8. В весовых формулах используются различные устаревшие размерности механических напряжений –  $\text{кг/мм}^2$  – для крыла,  $\text{кг/см}^2$  – для фюзеляжа, что может приводить к ошибкам при стыковке программных модулей.

9. Материал диссертации изложен не лучшим образом. Главная задача и новизна работы, связанная с понятием «прибыль» формулируется, решается и обсуждается только начиная с третьей главы. Такая структура порождает ряд повторов: рис. 66 на стр. 130 повторяет рис. 15 на стр. 25, имеются повторы в списке литературы и другие. Подробность материалов первой и второй глав затеняет научную новизну и практические результаты второй части работы (главы 3 и 4).

Высказанные замечания не затрагивают существа выполненных исследований и сделанных выводов, хотя несколько снижают общее впечатление о работе.

### **Заключение**

В целом в диссертации Арутюнова Артёма Георгиевича ставится и решается актуальная задача научно-методической поддержки процесса предварительного (концептуального) процесса проектирования тяжелых грузовых рамповых самолетов на ближайшую и среднесрочную перспективу с учетом обобщенного экономического критерия, связанного с прибылью разработчиков и эксплуатантов авиационной техники.

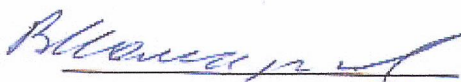
Работа обладает научной новизной и несомненной практической ценностью.

Диссертация Арутюнова Артёма Георгиевича является самостоятельной законченной научной квалификационной работой. По актуальности темы, научной новизне, практической значимости и достоверности результатов диссертация «Методика определения рационального облика коммерческого тяжелого рампового грузового самолета на этапе концептуального проектирования из условия его прибыльности» соответствует требованиям действующего Положения о присуждении ученых степеней (пп. 9-11, 13, 14), утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013г, предъявляемым к кандидатским диссертациям и паспорту специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов, а ее автор Арутюнов Артём Георгиевич заслуживает

присуждения ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Официальный оппонент

заведующий кафедрой конструкции и проектирования летательных аппаратов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университета имени академика С.П. Королева», профессор, доктор технических наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»,  
тел.: (846) 267-46-45; e-mail: vkomarov@ssau.ru

 Комаров Валерий Андреевич  
04.12.17

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева";  
443086, Приволжский федеральный округ, Самарская область, г. Самара, Московское шоссе, д. 34. тел.: (846) 335-18-26; e-mail: [ssau@ssau.ru](mailto:ssau@ssau.ru), сайт: <http://www.ssau.ru>.



08.12.2017 Т.И.И.