

**Председателю совета по защите  
диссертаций**  
на соискание ученой степени  
кандидата наук, на соискание ученой  
степени доктора наук 24.2.327.03 на  
базе федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский  
университет)»  
д.т.н., проф. Мальшеву Вениамину Ва  
сильевичу  
Волоколамское шоссе, д. 4, г.  
Москва, 125993

Уважаемый Вениамин Васильевич!

Направляю Вам отзыв ведущей организации на диссертацию  
Маркевич Пшемислав «Разработка методов улучшения эксплуатационных  
характеристик магистрального самолета», представленную на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. –  
«Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов  
(технические науки)».

Приложение: «Отзыв ведущей организации», 2 экз, на 6 листах

Главный конструктор ПАО «Ил»



Ганин С.В.

**УТВЕРЖДАЮ**

Главный конструктор ЦАО «Ил»



2023 г.

## **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

на диссертационную работу Маркевич Пшемыслав  
«Разработка методов улучшения эксплуатационных характеристик магистрального самолета», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)».

### **Актуальность темы исследования**

Достижение эксплуатационных показателей воздушных осуществляется в процессе их проектирования и разработки путем отработки их аэродинамических показателей в комплексе с примененной маршевой силовой установкой, соответствующих требованиям технического задания на их разработку. Вместе с тем, современный уровень развития бортовых систем управления и стабилизации, их высокая производительность, надежность и точность позволяют реализовать в таких системах методы и алгоритмы оптимизации режимов полета воздушного судна, направленной на повышение летной эффективности воздушного судна, как некоего экономического показателя издержек эксплуатации. В связи с чем разработка методов улучшения эксплуатационных характеристик воздушного судна является актуальной научной и практической задачей.

### **Структура и содержание диссертационной работы**

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений и списка литературы.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

« 10 » 11 2023

Во введении обоснована актуальность темы исследований, определен объект исследований, степень разработанности, обозначены цели, задачи а также определены новизна, теоретическая и практическая значимость работы и положения, выносимые на защиту. Также представлены методология и методы исследования, степень достоверности и личный вклад автора.

В первой главе автором представлены основные методы подходы к решению задачи улучшения эксплуатационных характеристик магистрального самолета. Рассмотрены два основных пути повышения летной эффективности магистральных самолетов – задача оптимального проектирования (оптимизация облика самолета) и задача оптимизации функционирования (оптимизация режима полета). Решение задачи оптимизации режима полета предлагается на основе многоцелевого подхода, суть которого заключается в использовании безразмерных показателей эффективности летного задания. В качестве данных показателей в диссертации описываются расход топлива и величина, обратно пропорциональная скорости полета. Для целей поиска компромиссного режима автором был разработан метод, построенный на основе многоцелевого подхода в условиях неопределенности задач летной операции. Под неопределенностью задач в диссертационной работе понимается многообразие возможных режимов полета самолета, которое представляется как значение весовых коэффициентов в линейной свертке частных критериев.

Автор предлагает использовать предложенный метод многоцелевого подхода в задачах исследования летной эффективности посредством модификации классического экономического показателя издержек. В работе данный показатель представлен в аналитической форме как задача с двумя безразмерными частными критериями и весовым коэффициентом, суть которого автор представляет двояко: с одной стороны, как нормированное значение показателя стоимости (связь с экономическим показателем), с другой стороны – как коэффициент относительной важности между экономической (экономия ресурсов) и скоростной (экономия времени) целями полета. Двоякое отношение к весовому коэффициенту вынудило рассмотреть задачу оптимизации режимов полета в двух постановках: эксплуатационной, в рамках которой в ходе полета значение весового коэффициента

не меняется (показатель стоимости не меняется в ходе полета), и траекторной, в рамках которой значение весового коэффициента может меняться в полете (цели полета могут меняться вследствие уменьшения массы самолета за счет выработки топлива). Автором исследуются данные задачи отдельно на разных этапах полета на примере самолета Ил-96-300.

Во второй главе диссертации рассматриваются вопросы оптимальности горизонтального сбалансированного полета на крейсерском режиме. Автор условно различает, с одной стороны, задачу оптимизации крейсерского режима в качестве поиска оптимальной крейсерской скорости на заданную дальность, и, с другой стороны – задачу оптимизации крейсерского полета в качестве поиска оптимальной крейсерской скорости при оптимальной дальности полета на заданном эшелоне, предполагая тем самым, что полет может выполняться на различных эшелонах. В данной главе представлены алгоритмы решения выделенных задач в двух постановках: с фиксированным значением весового коэффициента и меняющимся значением. В представленных исследованиях данных задач показано, что в эксплуатационной постановке задачи оптимальная дальность ограничена запасом топлива (максимальная дальность), тогда как в траекторной постановке задачи оптимальная дальность крейсерского полета на фиксированной высоте принимает значение меньше максимальной. На основе принятой системы предпочтений сопоставление данных постановок задач доказывает превосходство траекторной постановки над эксплуатационной. Автором проводится комплекс исследований факторов, влияющих на оптимальную дальность, полученную траекторным методом.

В третьей главе диссертации рассматриваются вопросы оптимизации квазиустановившихся режимов набора высоты и снижения. Автором рассматривается вопрос достижения рационального компромисса между двумя программами: экономической (набор/снижение с минимальным запасом топлива) и скоростной (набор/снижение за минимальное время). Данный вопрос предлагается рассмотреть на основе энергетического метода оптимизации, при котором выбору подлежат программы изменения скорости, высоты и режима работы двигателей при фиксированных параметрах крейсерского режима. В диссертации исследуется траектория набора/снижения высоты в траекторной постановке задачи. В данной

главе показано, как влияют параметры крейсерского режима, а также масса самолета на эффективность набора/снижения высоты. Полученные результаты в целом не противоречат опыту эксплуатации.

В четвертой главе диссертации рассматриваются вопросы интеграции отдельных этапов полета в единый профиль полета. Автором рассматриваются интегральные, ступенчатые профили полета, отличающиеся количеством эшелонов в полете на заданную дальность, при том, что все этапы полета были вычислены траекторным методом. В данной главе представлены результаты исследований транспортной эффективности, которые не противоречат практике. Также приводится пример расчета эффективности полета на маршруте Москва-Гавана в эксплуатационной (весовой коэффициент не меняется вдоль траектории) и траекторной (весовой коэффициент меняется вдоль траектории) постановке задачи в сопоставлении с рекомендациями РЛЭ. Результат данного сопоставления показывает, что использование представленных в диссертационной работе методов оптимизации режимов полета позволяет значительно улучшить эксплуатационные показатели полета магистрального самолета – уменьшить количество расходуемого топлива и сократить продолжительность полета.

В заключении представлены основные выводы автора и обобщены результаты диссертационного исследования.

### **Достоинства диссертационной работы**

Основным достоинством диссертационной работы является системный подход к постановке и решению задачи разработки метода исследования и оценки летной эффективности с применением безразмерных показателей эффективности с учетом всей совокупности летных задач и условий их выполнения

Исследование задач оптимизации траектории полета с учетом его совокупных целей и задач, позволяет не только получить оптимальный режим полета, но и рационально распределить траекторию крейсерского этапа полета на различных эшелонах. Возможность вычисления рациональной траектории полета в условиях неопределенности, возникающей вследствие возможной нестабильности планируемых условий полета и изменчивости целей от полета к полету, подтверждает универсальность полученных результатов.

Практическая ценность работы заключается в возможности применения основных результатов исследования для решения задач оптимизации траекторий движения воздушного судна в процессе его эксплуатации, включая:

- построение «типовых» профилей полета для исследования маршрутов выполнения полетов в период их подготовки;
- разработку рекомендации по вертикальному эшелонированию в условиях, когда информация о доступности эшелонов и целях полета неизвестна;
- подготовка и обучение специалистов авиационной отрасли;

### **Замечания**

В качестве замечаний к диссертационной работе Маркевич П. необходимо отметить следующее:

1. Предложенная методика проиллюстрирована моделированием полета в условиях стандартной стационарной атмосферы, при этом не учитываются возможности изменения параметров атмосферы. Не исследованы вопросы, как влияет атмосферная турбулентность и ветер на оптимальный режим полета, значения показателей эффективности, а также на оптимальную дальность и профиль полета.

2. В основу метода оптимизации режимов полета и построения оптимального профиля полета заложено предположение, что расход топлива и продолжительность полета равно важны. Однако было бы целесообразно рассмотреть случаи, когда, например, расход топлива важнее, чем продолжительность полета (если важнее, тогда во сколько раз важнее).

3. В работе введено большое количество новых терминов (эксплуатационная эффективность, транспортная эффективность и др.), смысл которых не всегда очевиден для специалистов, занимающихся вопросами летной эксплуатации.

Изложенные в настоящем отзыве характеристика диссертации, ее достоинства и названные замечания обсуждены и одобрены по результатам рассмотрения работы на заседании научно-технического совета ПАО «Ил» (протокол № 3 от 27 октября 2023 года). При этом сделан вывод, что отмеченные в качестве замечаний вопросы вполне могут быть предметом отдельного дополнительного исследования, что не снижает ценность представленной

диссертации в качестве научной квалификационной работы, в которой содержится полное и научно обоснованное решение поставленных задач.

### Заключение

Диссертационная работа Маркевич Пшемыслав «Разработка методов улучшения эксплуатационных характеристик магистрального самолета» является самостоятельной и завершенной научно-квалификационной работой.

Диссертационная работа Маркевич Пшемыслав соответствует паспорту специальности 2.5.16. – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)», предусмотренному пунктом 5 «Создание методов анализа и проектирования траекторий одиночных летательных аппаратов, а также группы ЛА».

Диссертация Маркевич Пшемыслав удовлетворяет требованиям п.п. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 18.03.2023), а также удовлетворяет требованиям Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Автор диссертационной работы, Маркевич Пшемыслав, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)».

Заместитель Главного конструктора ПАО «Ил»  
по аэродинамике, динамике полета и  
системе управления самолетом, к.т.н.

Круглякова О.В.

Начальник специализированного научно-технического отдела  
доктор технических наук

Куликов Л.С.

С отзывом ознакомлен,  
Маркевич П.,  
10.11.2023 г.