

## ОТЗЫВ

официального оппонента Гревцова Николая Максимовича на диссертационную работу Маркевича Пшемыслава на тему «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 диссертации.** Развитие авиационной техники вызывает непреходящий интерес со стороны технических наук, что является частным примером глобальной тенденции технического прогресса. С научной точки зрения интерес проявляется как в разработке новых технических решений, так и в создании новых методов эффективного использования этих решений. Второй путь особенно востребован в транспортной авиации, поскольку создание нового летательного аппарата (ЛА) или даже модификация существующего с целью улучшению его летно-технических характеристик в большинстве случаев сопряжены со значительными организационными трудностями и финансовыми затратами.

Одна из задач исследования эффективности эксплуатации в транспортной авиации включает в себя вопросы поиска оптимальных траекторий полета с учетом требований к безопасности, регулярности и экономичности. В свою очередь задачи управления ЛА можно условно разделить на задачи *стабилизации* положения самолета в пространстве при воздействии внешних возмущений и *поиск* режима стационарного полета, удовлетворяющего выбранным критериям оптимальности. Последняя задача является предметом исследования автора диссертационной работы. Рассмотрение задачи улучшения эксплуатационных характеристик как исследование универсальной летной эффективности магистрального самолета определяет **актуальность диссертационной работы.**

Задачи исследования оптимальности режимов полета предполагают поиск параметров движения, обеспечивающих наилучшие значения функционала качества, который на практике чаще всего связан с прямыми операционными расходами. Принцип построения данного функционала основан на том, что оценка каждого допустимого режима полета осуществляется исходя из конкретных целей данного полета (или этапа полета), притом что выбор оптимального режима обусловлен параметрами данного функционала, основными из которых являются стоимость топлива, стоимость времени эксплуатации (связанная с амортизацией воздушного судна, оплатой работы летного состава, стоимостью технического обслуживания и другими затратами, зависящими от времени полета).

При поиске оптимальных значений данных параметров до сих пор широко используется обобщение опыта летной эксплуатации магистральных самолетов. Автором предложена методика построения функционала качества, лишенная проблемы неопределенности значений параметров, основанная на концепции достижения рационального компромисса между расходом топлива и продолжительностью полета в терминах многоцелевого подхода.

Использование безразмерных показателей эффективности полета с целью поиска рационального режима и построения профиля полета позволяет в процессе подготовки планировать полет с учетом конкретных параметров самого самолета (вес, центровка) и конкретных условий на маршруте.

**Оценка основных результатов диссертационной работы.** Цель работы, обозначенная как построение оптимальных профилей полета, воплощена в следующих поставленных задачах и их решениях:

– разработка метода анализа многокритериальных задач с безразмерными частными критериями в условиях неопределенности и с применением весовых коэффициентов;

– использование разработанного метода в постановке задачи поиска оптимального режима для каждого этапа полета и, как следствие, оптимизации всего профиля полета;

– исследование летной эффективности магистрального самолета на примере дальнемагистрального самолета Ил-96-300.

В решении данных задач автором используется системный подход. Диссертант решает их с помощью актуальных методов математического программирования. В качестве объекта исследования используется математическая модель эксплуатационных характеристик магистрального самолета, построенная на основе обобщенных данных, доступных в открытых источниках. Результаты исследований эксплуатационных показателей самолета Ил-96-300 согласуются с практикой эксплуатации данного самолета, чем подтверждается **достоверность полученных результатов.**

**Научную новизну** и практическое значение диссертационного исследования определяют, прежде всего, следующие её качества:

– использование безразмерных показателей эффективности с весовым коэффициентом при формировании функционала качества магистрального самолета позволяет исследовать эффективность выполнения летного задания с высокой степенью универсальности полученных результатов;

– рассмотрение эффективности полета на основе концепции поиска компромисса между расходом топлива и продолжительностью полета магистрального самолета с учетом уменьшения массы самолета и, как следствие, возможность изменения параметров функционала качества, является уникальным подходом к решению задачи исследования эффективности;

– введённое понятие оптимальной крейсерской дальности как дальности полета на заданном эшелоне, которая при использовании компромиссного режима является оптимальной и достижение которой требует смены эшелона полета для улучшения эффективности эксплуатации;

использование оптимальной крейсерской дальности в построении ступенчатого профиля полета позволяет строить эффективные воздушные маршруты и рационально распределять имеющиеся ресурсы;

**Практическая значимость** Использование предложенной методики в исследованиях эффективности магистральных самолетов позволяет разрабатывать справочные и рекомендательные материалы для любого типа транспортного самолета в силу универсальности полученных результатов.

В ходе проведения диссертационного исследования были опубликованы четыре печатные работы в ведущих научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Минобрнауки России для соискателей ученой степени кандидата технических наук. Упомянутые публикации в достаточной мере отражают содержание работы. Результаты исследований и основные положения работы были предметом докладов на шести всероссийских и международных конференциях.

Автореферат диссертации полно отражает основное содержание работы.

**Замечания по диссертационной работе.** При анализе диссертации Маркевича П. возникли следующие замечания.

1. Не указывается, для каких атмосферных условий выполнены расчеты, результаты которых приведены в работе. По-видимому, были использованы данные международной стандартной атмосферы. Но она не учитывает изменение по географической широте высоты нижней границы тропопаузы, от которой существенно зависит рациональное вертикальное эшелонирование на больших высотах. Например, на маршруте Москва – Гавана, полет по которому рассматривается в работе, в связи с изменением широты на 32 градуса высота нижней границы тропопаузы заметно возрастает, что может сказаться на рациональном эшелонировании даже в одном полете.

2. В качестве ограничений на траекторное движение рассматриваются только скорость и высота полета, но не упоминаются ограничения на

нормальную перегрузку и угол наклона траектории, а также на темп изменения давления в кабине. Вместе с тем указанные факторы являются немаловажными при расчете режимов набора высоты и снижения пассажирских самолетов.

3. В задачах исследования эффективности набора высоты не рассматривается нормируемый в авиационных правилах (АП) набор высоты в случае отказа критического двигателя, в то время как оптимизация в этом случае может дать положительный эффект не только для повышения эффективности, но и для улучшения показателей безопасности.

4. В работе не рассматриваются вопросы практической реализации полученных оптимальных решений в части взаимодействия с управлением воздушным движением.

5. В таблице 2 в заголовке «Крейсерский полет» указано, что  $N_{кр}$  измеряется в км (километр), а соответствующей колонке значения высоты даются м (метр).

6. В пункте «Гипотеза о существовании стационарной точки» не указан диапазон аргументов у частных критериев (формула (1.32), стр. 34). И только по приведенному ниже рисунку – 1.2 этот диапазон можно установить.

Несмотря на приведенные замечания, нужно отметить, что диссертационная работа Маркевича П. отличается четким, понятным изложением и последовательными, логичными выводами.

**Заключение.** Диссертация «Разработка методов улучшения эксплуатационных характеристик магистрального самолета» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую решение актуальной проблемы, обладает научной новизной, теоретической и практической значимостью и соответствует паспорту специальности 2.5.16 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки), и, таким образом, соответствует всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Маркевич

Пшемыслав заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

Официальный оппонент

кандидат технических наук, доцент,

начальник сектора ФАУ «ЦАГИ»

(Федеральное автономное учреждение «Центральный

аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского»

140180, Московская область, г. Жуковский, ул. Жуковского, д. 1

тел. +7 (495) 556-43-03, e-mail: info@tsagi.ru)



Гревцов Николай Максимович

10.11.2023

Подпись Гревцова Николая Максимовича заверяю.

Начальник управления персоналом  
(подпись)

М.П.



(подпись)

О.А. Власова  
(фамилия)

С отзывом ознакомлен  
Соркин В. П., Маркевич Л.  
13.11.2023г.