



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.03**

на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
**по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 02.12.2021 г., протокол № 38

О присуждении **Десятнику Павлу Анатольевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Критерии управляемости неманевренных самолетов в путевом канале управления» по специальности 2.5.16 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)» принята к защите «30» сентября 2021, протокол № 32, диссертационным советом 24.2.327.03 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ, Московский авиационный институт), 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказ о создании совета № 105/нк от 11.04.2012 г.

### **Соискатель:**

Десятник Павел Анатольевич, «19» апреля 1981 года рождения, в 2004 г. окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский энергетический институт (технический университет)» с присуждением квалификации инженера по специальности «оптико-электронные приборы и системы». В 2009 году окончил обучение в аспирантуре по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов» (удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов №23 выдана 06 августа 2019 г.). В период подготовки диссертации соискатель Десятник Павел Анатольевич работал в отделении «Динамики полета и систем управления» Федерального Государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФГУП «ЦАГИ») в должности младшего научного сотрудника. В настоящее время соискатель занимает должность начальника сектора отделения «Динамики полета и систем управления» ФГУП «ЦАГИ».

Диссертация выполнена в Федеральном Государственном Унитарном Предприятии «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» в отделении «Динамики полета и систем управления».



### **Научный руководитель:**

Зайчик Лариса Евгеньевна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, начальник отдела отделения «Динамики полета и систем управления» Федерального Государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского».

### **Официальные оппоненты:**

1. Гребенкин Александр Витальевич – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, начальник отдела №901 Публичного акционерного общества «Московский институт электромеханики и автоматики» (ПАО «МИЭА»).

2. Верещиков Дмитрий Викторович – гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры авиационных комплексов и конструкции летательных аппаратов Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (ВУНЦ ВВС «ВВА»).

Все оппоненты дали положительные отзывы о диссертации.

### **Ведущая организация:**

Публичное акционерное общество «Авиационный комплекс имени С.В. Ильюшина» (ПАО «Ил») г. Москва, в своем положительном отзыве, обсужденном на заседании научно-технического совета предприятия (протокол №НТС-7-2021 от 27.10.2021 г.), подписанном заместителем Главного конструктора ПАО «Ил» по аэродинамике, динамике полета и системе управления, кандидатом технических наук О.В. Кругляковой, начальником специализированного научно-технического отдела, доктором технических наук Л.С. Куликовым и утвержденным Главным конструктором ПАО «Ил» С.В. Ганиным, указала, что диссертационная работа представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполнена на высоком научно-техническом уровне, содержит новые научные результаты и имеет практическое значение, полностью отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ, а ее автор Десятник Павел Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Соискатель имеет 35 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 18 работ, включающих 4 статьи опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ, 4 работы в изданиях, индексируемых в международной реферативной базе данных SCOPUS. Наиболее значимыми научными работами по теме диссертации являются:

### **Статьи в рецензируемых журналах перечня ВАК:**

1. Десятник, П.А. Моделирование на пилотажном стенде резкой реакции самолета в путевом канале управления / П.А. Десятник // Ученые записки ЦАГИ. – 2010. – Т.41, №4. – С. 79-85, (№2016, перечень ВАК, до 30.11.2015 г.)

В статье рассматриваются вопросы моделирования линейных и угловых ускорений, появляющихся при резкой реакции (РР) неманевренного самолета на управляющие действия летчика в путевом канале управления. Представлена методика моделирования линейных перегрузок и угловых ускорений на стенде с подвижной кабиной для выявления тенденции к РР. С целью приближения воспроизведённых перегрузок к реальным предложена модификация алгоритмов управления движением кабины стенда в боковом канале.

Представленные в статье результаты изложены в Главах 1, 2 диссертации.

2. *Десятник, П.А.* Критерий выбора оптимальных величин поперечной статической устойчивости самолета в задаче захода на посадку / П.А. Десятник // Ученые записки ЦАГИ. – 2015. – Т.46, №7. – С. 42-54, (№2016, перечень ВАК, до 30.11.2015 г.).

Проводится анализ полученных экспериментальных данных по влиянию момента поперечной статической устойчивости на оценки управляемости магистрального самолета при управлении педалями при различных характеристиках бокового движения. Предложен критерий для выбора оптимальных величин степени поперечной статической устойчивости на основе амплитудно-частотной характеристики канала управления боковым перемещением самолета.

Представленные в статье результаты изложены в Главах 1, 4 диссертации.

3. *Десятник, П.А.* Оптимизация характеристик управляемости в путевом канале управления современного высокоавтоматизированного самолета / П.А. Десятник // Вестник Московского авиационного института. – 2017. – Т.24, №1. – С. 83-95, (№340, перечень ВАК, от 27.12.2018 г.).

Проводится анализ эффективности разработанных критериев с точки зрения их применимости к выбору характеристик современного пассажирского самолета с развитой автоматикой. Рассмотрены пути обеспечения потребных динамических характеристик, оптимальной чувствительности управления и степени поперечной статической устойчивости при различных алгоритмах системы управления в путевом канале высокоавтоматизированного самолета.

Представленные в статье результаты изложены в Главах 3, 4, 5 диссертации.

4. *Десятник, П.А.* Влияние подвижности кабины пилотажного стенда на моделирование задачи дозаправки самолета топливом в воздухе / П.А. Десятник, Л.Е. Зайчик, В.И. Желонкин, М.В. Желонкин, О.И. Ткаченко, Ю.П. Яшин // Вестник Московского авиационного института. – 2017. – Т.24, №2. – С. 86-94, (3 с. авт., №340, перечень ВАК, от 27.12.2018 г.).

Рассматривается проблема воспроизведения действующих на лётчика перегрузок и угловых ускорений при моделировании на пилотажном стенде задачи дозаправки самолёта топливом в полёте. Разработана методика моделирования задачи дозаправки на пилотажном стенде с подвижной кабиной и выполнена



оптимизация алгоритмов управления системой подвижности кабины для данной задачи.

Представленные в статье результаты изложены в Главе 2 диссертации.

**Статьи в журналах, индексируемых в иностранных библиографических и реферативных базах данных (SCOPUS, Web Of Science):**

1. *Desyatnik, P.* Criteria to estimate the effect of lateral static stability margin on aircraft HQ / P. Desyatnik, B. Lee, L. Zaichik, V. Perebatov, Y. Yashin // сборник статей AIAA Atmospheric Flight Mechanics Conference and Exhibit. – 2008. – С. 2008-6552 (SCOPUS).

2. *Desyatnik, P.* Motion fidelity criteria for large-amplitude tasks / P. Desyatnik, L. Zaichik, Y. Yashin // сборник статей AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference – 2009. – С. 2009-5916 (SCOPUS).

3. *Desyatnik, P.* Peculiarities of motion cueing for precision control tasks and maneuvers / P. Desyatnik, L. Zaichik, Y. Yashin // 27<sup>th</sup> Congress of International council of the aeronautical sciences. – 2010. – С. 2979-2991 (SCOPUS).

4. *Desyatnik, P.* Providing optimum lateral static stability margin of highly augmented aircraft / P. Desyatnik, L. Zaichik, Y. Yashin // сборник статей 58<sup>th</sup> Israel Annual Conference on Aerospace Sciences (IACAS). – 2018. – С. 1615-1630 (SCOPUS).

**В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты, представленные в диссертации.**

**На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:**

1. **Публичное акционерное общество “Авиационный комплекс имени С.В. Ильюшина” (ПАО «Ил»)**, ведущая организация. **Отзыв положительный.** Подписан заместителем Главного конструктора ПАО «Ил» по аэродинамике, динамике полета и системе управления, кандидатом технических наук О.В. Кругляковой, начальником специализированного научно-технического отдела, доктором технических наук Л.С. Куликовым, утвержден Главным конструктором ПАО «Ил» С.В. Ганиным.

Вместе с тем, необходимо сделать некоторые замечания:

1. В работе периодически встречается разное обозначение параметра, определяющего взаимосвязь движения рыскания и крена  $\tilde{M}_{x \text{ экв}}^{\beta}$ . Например, на странице 15 используется черта, в остальных случаях над этим параметром используется волнистая линия.

2. В Главе 2 на рисунках 2.2 и 2.3 в параметрах «собственная частота – демпфирование» показаны границы области управляемости по Уровню 1 для различных величин интенсивности бокового ветра и различных параметрах  $\tilde{M}_{x \text{ экв}}^{\beta}$ . В связи с этим не совсем ясно, какой из указанных параметров оказывает наибольшее влияние на изменение границ области управляемости

3. В Главе 2 на рисунках 2.14, 2.16, 2.17 не проставлены числовые значения амплитуды частотных характеристик по боковой перегрузке в месте расположения летчика при ступенчатом отклонении педалей, что не позволяет провести количественную оценку влияния варьируемых параметров на амплитудно-частотную характеристику  $W(n_z \text{ летчика} / X_H)$ .

2. **Гребенкин Александр Витальевич**, официальный оппонент, доктор технических наук. **Отзыв положительный**, заверен ученым секретарем диссертационного совета ДСО 999.023.03 ПАО «МИЭА», кандидатом технических наук О.Б. Кербер.

К недостаткам, выявленным при изучении диссертации, следует отнести:

1. При определении оптимальных величин чувствительности управления и других характеристик управляемости используются в основном оценки летчиков, мало внимание уделяется объективным показателям качества пилотирования.

2. В материалах диссертации недостаточно полно раскрыто влияние изменения запаса флюгерной устойчивости на характеристики боковой управляемости.

3. Нет четкого определения словосочетания «оптимальная величина»; в работе оно используется для определения как вычисленного по минимуму функционала значения параметра, так и для выбранной летчиками величины этого параметра.

3. **Верещиков Дмитрий Викторович**, официальный оппонент, кандидат технических наук, доцент. **Отзыв положительный**, заверен начальником учебно-методического центра ВУНЦ ВВС «ВВА», кандидатом технических наук, доцентом И.К. Шуклиным.

Замечания по диссертационной работе

1. В тексте диссертации многократно упоминаются созданные автором методики, хотя ни одна из них не выносится на защиту и, по всей видимости, автор не претендует на их научную новизну. В разделе работы «основные задачи» (стр. 12) указывается, что должна быть разработана «процедура стендовых испытаний», хотя, например, на стр. 17 в этой же связи речь идет уже о методике. Кроме того, на стр. 151 и 153 автор указывает на методики оценки оптимальной чувствительности управления по частотному и временному критериям, а на стр. 155 речь уже идет о методиках.

2. Автор успешно решил задачу определения оптимального значения поперечной статической устойчивости самолета с точки зрения управления им в путевом канале с помощью педалей. При этом в работе никак не оценивается соответствие этого значения требованиям управления самолетом в поперечном канале.



4. **АО Московский научно-производственный комплекс «Авионика»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заместителем управляющего директора – Главным конструктором АО МНПК «Авионика», председателем НТС, кандидатом технических наук Р.Р. Абдулиным, главным конструктором ТН-17 АО МНПК «Авионика», заместителем председателя НТС, кандидатом технических наук В.С. Калабуховым, главным специалистом ТН-19 АО МНПК «Авионика», кандидатом технических наук Д.С. Тимофеевым, секретарем НТС АО МНПК «Авионика» Е.О. Каравашкиной, утвержден Управляющим директором АО МНПК «Авионика» В.Ф. Заец.

Однако по материалу автореферата диссертационной работы имеются следующие замечания:

1. Из автореферата неясно, какие характеристики продольного канала управления для самолетов с весами от 30 до 200 тонн оставались неизменными (стр. 9).

2. В выражении (4) для минимизируемого функционала (стр. 12) в качестве критериев оптимальности используются отклонение педалей  $X$  и усилие на них  $P$ . Однако между этими параметрами, как правило, существует практически линейная зависимость в виде коэффициента жесткости пружинного механизма. Если минимум функционала приходится на значение  $X$  и  $P$ , заметно отличающиеся от их желаемых значений (они противоречат друг другу), то, на наш взгляд, изначально коэффициент жесткости был выбран неверно, что может повлиять на конечный результат оптимизации. В автореферате на это не было обращено внимание.

5. **АО «Экспериментальный машиностроительный завод им. В.М. Мясищева»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан Главным специалистом по динамике полета летательных аппаратов АО «ЭМЗ им. В.М. Мясищева» Э.Я. Абраменко, утвержден Управляющим директором АО «ЭМЗ им. В.М. Мясищева» А.А. Горбуновым.

По содержанию работы можно сделать следующие замечания:

1. Предложенные алгоритмы управления могут оказаться сложными при реализации на штатных тренажерах, если алгоритмы управления системой подвижности не позволяют изменить их структуру.

2. Не определены требования по быстродействию приводов органов управления в боковом канале самолета вблизи поверхности ВПП.

6. **ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ГосНИИАС)**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником лаборатории «Аналитический центр поддержки программ развития авиационной техники» ФГУП «ГосНИИАС», доктором технических наук Е.Ю. Зыбиным и ведущим научным сотрудником лаборатории «Аналитический центр поддержки программ развития авиационной

техники» ФГУП «ГосНИИАС», кандидатом технических наук В.А. Кривоноженковым.

В автореферате были замечены следующие недостатки:

1. На рис. 2 автореферата не указаны существующие требования к минимальным значениям  $\omega$ ,  $\zeta\omega$ .

2. В автореферате не приведен пример выбора параметров системы управления, исходя из обобщенных параметров, используемых в разработанных критериях.

7. **ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации» (ГосНИИ ГА)**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником 826 отдела ФГУП «ГосНИИ ГА», доктором технических наук Г.Е. Масленниковой, утвержден исполняющим обязанности Генерального директора ФГУП «ГосНИИ ГА» А.В. Максименко.

Автореферат написан простым и понятным языком, дает полное представление о выполненной работе, однако наиболее важные моменты все же следовало изложить подробнее, в частности:

1. Из автореферата непонятно как получены расчетные формулы для созданной системы критериев.

2. Не приведено четкого доказательства временного промежутка  $0 < t < 4$ , используемого во временном критерии для определения оптимальной величины чувствительности управления угловым движением.

8. **ПАО «Корпорация «Иркут»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заместителем Генерального директора по разработке АТ – Директором Инженерного центра, Главным конструктором МС-21, кандидатом технических наук К.Ф. Поповичем, заместителем Главного конструктора по аэродинамике – начальником отделения, доктором технических наук, профессором В.А. Подобедовым, заместителем Начальника отделения систем управления С.В. Байковым, утвержден Заместителем генерального директора – Исполнительным директором ПАО «Корпорация Иркут», кандидатом технических наук В.Б. Прутковским.

К недостаткам можно отнести следующее:

1. В диссертации отсутствуют примеры использования разработанных критериев для обработки материалов летных испытаний.

2. Не описывается методология работы на пилотажных стендах в части испытательных режимов при разработке критериев.

9. **ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт» (МФТИ)**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан Директором ИАЛТ – заместителем Директора ФАКТ МФТИ, кандидатом технических наук А.А. Погодаевым.



В критической части отзыва считаем целесообразным отметить:

1. В работе очень большое внимание уделяется качеству моделирования акселерационной информации на подвижном пилотажном стенде, но в автореферате не приведены технические характеристики стенда, на котором проводились эксперименты.

2. Из автореферата не совсем понятно, чем определяется выбранный диапазон изменения варьируемых в эксперименте параметров бокового движения (таблица, стр. 9).

3. К незначительным замечаниям можно отнести превышение объема самого автореферата 16 страниц, рекомендуемых ВАК.

**10. АО «Российская самолётостроительная компания «МиГ»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан Заместителем Главного конструктора по системам управления Инженерного Центра АО «РСК «МиГ», «Заслуженный машиностроитель РФ», доктором технических наук, профессором Ю.Г. Оболенским, утвержден Начальником Инженерного Центра АО «РСК «МиГ» – Заместителем председателя НТС А.В. Терпуговым.

К недостаткам работы можно отнести:

1. Не представлена оценка влияния ограничения по скорости перекладки руля направления на тенденцию к возникновению резкой реакции самолета на управляющие действия летчика в путевом канале управления.

2. Название диссертационной работы слишком общее; хотелось бы в названии увидеть формулировку основной проблемы, решаемой автором. Например, «Разработка критериев управляемости неманевренных самолетов при управлении рулем направления на этапе захода на посадку».

**11. Региональные самолеты филиал ПАО «Корпорация «Иркут»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан Начальником департамента механики полета Филиала «Региональные самолеты» ПАО «Корпорация «Иркут» С.А. Алексеевым, утвержден Заместителем директора по разработке филиала «Региональные самолеты» ПАО «Корпорация Иркут» А.В. Долотовским.

По содержанию автореферата можно сделать следующие замечания:

1. В работе не уделено должного внимания этапам разбега перед взлетом и пробегу после посадки самолета по ВПП, на которых эффективность управления аэродинамическими органами в путевом канале также оказывает перекрестное влияние на канал крена и требует определения критериев с учетом влияния сил реакции опор от шасси и экранного эффекта.

2. В работе не представлено влияние рассматриваемых характеристик путевого управления на величину эволютивной скорости разбега самолета, что, в свою очередь, на практике может приводить к увеличению эволютивной скорости разбега самолета при выбранных оптимальных характеристиках, создавать дополнительные ограничения и ухудшать взлетно-посадочные характеристики.

12. **АО «Компания «Сухой»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан Главным конструктором по аэродинамике – начальником отдела по аэродинамике, кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником А.З. Тарасовым, утвержден Первым заместителем управляющего директора АО «Компания «Сухой» – директором ОКБ Сухого М.Ю. Стрелец.

К недостаткам автореферата можно отнести следующие:

1. В диссертационной работе неоднократно используется подход к определению оптимальной чувствительности управления с помощью нормирования частотной характеристики по регулируемому параметру движения на некоторой характерной частоте, однако отсутствуют какие-либо обоснования справедливости такого подхода.

2. Предлагаемые критерии, использующие амплитудные частотные характеристики самолета с системой управления являются достаточно трудоемкими при практическом использовании, так как требуют полной информации о системе управления со всеми передаточными коэффициентами.

13. **ПАО «Туполев»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником ПКЦ «Аэродинамика» А.Л. Крупником, утвержден Заместителем управляющего директора по проектированию и испытаниям А.А. Палатниковым.

К недостаткам автореферата можно отнести следующие:

1. В автореферате не показано, влияет ли тип рычага управления в поперечном канале (штурвал, центральная или боковая ручка управления) на точность стабилизации самолета при компенсации момента по крену, возникающего от управления педалями.

2. Из автореферата не ясно, рассматривалось ли влияние экранного эффекта на выбор величины поперечной статической устойчивости, что может быть актуально для некоторых компоновок перспективных неманевренных самолетов.

3. Из автореферата не ясно, рассматривались ли иные этапы полета кроме посадки, и не показано, влияет ли этап полета на разработанные критерии для расчетной оценки оптимальных величин чувствительности управления угловым движением и оптимальной величины поперечной статической устойчивости.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью, имеющимся у них большим опытом проектирования и разработке авиационной техники, в том числе, в области соответствующей специальности 2.5.16 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)» и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.



ПАО «Ил» является одной из ведущих предприятий России по разработке и созданию самолетов различных типов. ПАО «Ил» создано более 140 типов самолетов разной модификации, проведено большое количество фундаментальных научных исследований, решены многие естественные и технические задачи: теория управления техническими объектами и технологическими процессами, организация вычислительного процесса воздушного судна, прикладное программное обеспечение, конструкция, системы и оборудование летательных аппаратов, наземные и летные испытания летательных аппаратов. Заключение по диссертационной работе обсуждено и подписано учеными, которые непосредственно занимаются вопросами, связанными с выбором характеристик управляемости самолетов гражданского и военно-транспортного назначения.

Гребенкин Александр Витальевич – автор более 100 научных работ, имеет патенты на изобретение. Под руководством А.В. Гребенкина проводятся исследования по динамике полета, комплексному математическому моделированию динамики управляемого движения летательных аппаратов, ведется разработка способов и методов управления самолетами транспортной категории как в полете, так и при движении по взлетно-посадочной полосе, средств прогнозирования движения летательных аппаратов.

Верещиков Дмитрий Викторович – автор более 60 работ, имеет 6 патентов на изобретение, был руководителем у 4 соискателей на ученую степень кандидата технических наук по тематике «динамика и управление летательных аппаратов». Под руководством Д.В. Верещикова проводятся исследования по развитию технологии полунатурного моделирования для решения различных целевых задач пилотирования.

**В дискуссии приняли участие:**

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, шифр специальности в совете
Малышев Вениамин Васильевич	д.т.н., проф., 2.5.16
Красильщиков Михаил Наумович	д.т.н., проф., 2.3.1
Евдокименков Вениамин Николаевич	д.т.н., проф., 2.3.1
Бобронников Владимир Тимофеевич	д.т.н., проф., 2.3.1
Хрусталеv Михаил Михайлович	д.ф-м.н., проф., 1.2.2
Ефремов Александр Викторович	д.т.н., проф., 2.5.16
Сыпало Кирилл Иванович	д.т.н., чл.-корр. РАН, проф., 2.3.1
Махров Владислав Петрович	д.т.н., проф., 1.2.2

Диссертационный совет отмечает, что **наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем**, могут быть сформулированы следующим образом:

1. Разработана процедура проведения экспериментальных исследований динамики неманевренного самолета в путевом канале, включающая выбор обобщенных параметров в уравнениях бокового движения.

2. Проведен обширный цикл экспериментальных исследований на пилотажных стендах и создана база экспериментальных данных по влиянию обобщенных параметров бокового движения на управляемость в путевом канале, которая явилась основой для разработанных в работе критериев.

3. На основе полученных экспериментальных данных уточнены требования к динамическим характеристикам путевого канала управления самолетов 3-его класса, а именно, определена замкнутая область в плоскости параметров «собственная частота – демпфирование», ограничивающая максимальные величины динамических характеристик из-за появления резкой реакции самолета на управляющие действия летчика.

4. Создан критерий для оценки тенденции к резкой реакции самолета на управляющие действия летчика в путевом канале управления, связывающий интенсивность высокочастотных колебаний в боковом канале с оценкой летчика.

5. Разработан модифицированный алгоритм управления системой подвижности кабины пилотажного стенда в боковом канале для выявления тенденции к резкой реакции самолета на управляющие действия летчика в путевом канале.

6. Создана система критериев, сформированных на основе единого подхода, которые позволяют выбирать: оптимальные величины чувствительности управления с учетом влияния динамических характеристик, характеристик загрузки педалей и других параметров; оптимальные величины степени эквивалентной поперечной статической устойчивости с учетом влияния динамических характеристик бокового движения самолета.

7. Использование разработанных критериев при создании самолета МС-21-300 продемонстрировало их эффективность не только для предварительного выбора характеристик в путевом канале управления, но также и для оценки оптимальности уже реализованных на самолете.

**Новизна полученных результатов** заключается в том, что:

1. Создана база экспериментальных данных, которая позволила выявить закономерности влияния основных параметров бокового движения на управляемость неманевренного самолета в путевом канале. В отличие от имеющихся в литературе отдельных экспериментальных данных, представленная в работе база данных получена в единых условиях, является упорядоченной и



полной по количеству рассмотренных параметров и глубине проработки их влияния на управляемость в путевом канале.

2. Создан критерий для оценки тенденции к резкой реакции самолета в путевом канале на управляющие действия летчика в зависимости от различных характеристик бокового движения самолета.

3. Предложен модифицированный алгоритм управления системой подвижности кабины пилотажного стенда в боковом канале для выявления тенденции к резкой реакции самолета на управляющие действия летчика в путевом канале. Предложенный алгоритм расширяет спектр частот воспроизводимой перегрузки с учетом технических ограничений по перемещениям стенда при одновременном выполнении условия минимизации возникающих у летчика ложных ощущений при движении кабины стенда.

4. Разработана система критериев, позволяющих расчетным методом выбирать оптимальные величины чувствительности управления и других ключевых параметров. При этом, их выбор осуществляется с учетом средств автоматизации в системе управления самолета, исходя из значений амплитудно-частотных характеристик, соответственно углового движения рыскания и линейного бокового перемещения самолета на некоторой характерной частоте.

**Теоретическая значимость** заключается в создании подхода, основанного на обобщении свойств летчика как звена в контуре управления, общего для выбора оптимальной чувствительности управления угловым движением в путевом канале неманевренного самолета и параметра, определяющего наилучшую взаимосвязь движений рыскания и крена при управлении педалями, с учетом взаимовлияния этих параметров и зависимости от других характеристик бокового канала управления. Критерии, созданные на базе этого подхода, могут быть распространены на другие классы самолетов при условии определения входящих в их математические выражения констант.

**Практическая значимость** работы заключается в создании критериев управляемости, рекомендаций к нормативным документам и рекомендаций по моделированию на подвижных пилотажных стендах, которые существенным образом сокращают сроки и затраты на наземную и полетную отработку характеристик управляемости в путевом канале современных неманевренных самолетов, повышают достоверность получаемых экспериментальных данных, гарантируют оптимальность выбора характеристик бокового движения и обозначают пути улучшения управляемости самолета в путевом канале.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается следующими актами о внедрении результатов диссертации:

1. Акт о внедрении научно-технических результатов диссертационной работы в ПАО «Корпорация «Иркут».

2. Акт о внедрении научно-технических результатов диссертационной работы в филиале «Региональные самолеты» ПАО «Иркут».

3. Акт о внедрении научно-технических результатов в учебном процессе корпоративного университета управления персоналом ФГУП «ЦАГИ».

**Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию** в организациях, осуществляющих проектирование и разработку авиационной техники, таких как ПАО «Корпорация «Иркут», ПАО «Авиационный комплекс им. С.В. Ильюшина», ПАО «Туполев», АО «ЭМЗ им. В.М. Мясищева», ПАО «МИЭА», АО «МНПК «Авионика», АО «Компания «Сухой», при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для перспективных самолетов и авиационных комплексов, а также в учебных процессах высших учебных заведений авиационной науки и техники.

**Оценка достоверности результатов исследования** выявила, что основные положения диссертации опираются на современный математический аппарат и согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации. Соискателем корректно используются методы исследования динамики полета, методы экспериментальных исследований на пилотажных стендах с использованием объективных показателей и субъективных оценок летчиков, что подтверждается хорошим совпадением расчета по разработанным критериям с экспериментальными данными, полученными в настоящей работе. В рамках исследования автором грамотно применены общие и специальные методы динамического проектирования управляемых летательных аппаратов и исследование динамики их движения, в том числе метод математического моделирования.

**В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания:**

- в качестве цели исследования было бы правильным указать повышение безопасности полета;

- в докладе не был представлен подробный вывод формулы для определения оптимальной чувствительности управления угловым движением самолета.

Соискатель Десятник П.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию по высказанным критическим замечаниям:

- использование разработанных критериев при выборе параметров системы управления действительно способствует повышению безопасности полета, так как критерии обеспечивают оптимальность выбора динамических и статических характеристик управляемости. Однако повышение безопасности полета в этом случае является результатом исследований, а целью диссертационной работы является создание критериев управляемости, обеспечивающих удовлетворительные характеристики бокового движения самолета при управлении педалями;



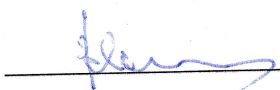
- в тексте диссертации приводится подробный математический вывод формулы критерия из условия минимума функционала по оптимизируемому параметру, т.е. по чувствительности управления угловым движением. Так как вывод формулы достаточно объемный и занимает несколько страниц текста, то в докладе основное внимание было уделено только исходному положению, принятому для вывода формулы критерия, которое отражает физический смысл критерия и состоит в том, что существует некоторый желаемый для летчика уровень усилий и перемещений рычага управления, отклонение от их желаемых величин приводит к ухудшению управляемости самолета, что приводит к ухудшению пилотажных оценок и может быть математически выражено в виде функционала.

**В диссертационной работе все заимствованные материалы представлены со ссылкой на автора или источник.** Тем самым работа удовлетворяет п.14 Положения о присуждении ученых степеней.

На заседании 02 декабря 2021 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и принял решение: **за новые научно-обоснованные технические решения**, имеющие существенное значение для развития авиационной отрасли страны в части разработки новых критериев управляемости для выбора динамических и статических характеристик путевого канала управления перспективных российских самолетов, присудить Десятнику Павлу Анатольевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.5.16 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)», участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета  
24.2.327.03, д.т.н., профессор

 В.В. Малышев

Ученый секретарь диссертационного совета  
24.2.327.03, д.т.н., доцент

 А.В. Старков

«02» декабря 2021 г.

