

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** 24.2.327.09

**Соискатель:** Смагин Андрей Андреевич

**Тема диссертации:** Методика выбора рациональных проектных решений систем управления движением самолета по земле с использованием имитационного моделирования

**Специальность:** 2.5.13. «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов»

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:**

На заседании 19 декабря 2023 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация полностью удовлетворяет пунктам 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить Смагину Андрею Андреевичу ученую степень кандидата технических наук.

**Присутствовали:**, д.т.н., академик РАН М.А. Погосян, д.т.н., проф. В.Н. Евдокименков, к.т.н. Д.Ю. Стрелец, д.т.н., проф. О.М. Алифанов, д.т.н. И.Г. Башкиров, д.т.н. Л.М. Гавва, д.т.н., проф. В.Г. Дмитриев, д.т.н., проф. А.А. Дудченко, д.т.н., доц. В.М. Краев, д.ф.-м.н. А.Л. Медведский, д.т.н., доц. А.М. Молчанов, д.т.н., проф. С.Г. Парафесь, д.ф.-м.н., проф. Л.Н. Рабинский, д.т.н., проф. М.В. Силуянова, д.ф.-м.н., доц. Г.В. Федотенков, д.т.н., проф. В.В. Фирсанов.

Ученый секретарь диссертационного совета

24.2.327.09, к.т.н.



Начальник  
Т.А. Аникин

 Д.Ю. Стрелец

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.09**  
созданного на базе Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования «Московский  
авиационный институт (национальный исследовательский университет)»  
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации  
(МАИ)

**по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**  
аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 19.12.2023 г., протокол № 24

О присуждении **Смагину Андрею Андреевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методика выбора рациональных проектных решений систем управления движением самолета по земле с использованием имитационного моделирования» по специальности 2.5.13. – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов» принята к защите 13 октября 2023 г., протокол заседания № 19, диссертационным советом 24.2.327.09, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ, Московский авиационный институт), 125993, Москва, Волоколамское шоссе, 4, приказ Минобрнауки России о создании совета № 1738/нк от 13.12.2022 г., приказ о внесении изменений в состав совета №1326/нк от 22.06.2023 г., приказ о внесении изменений №1986/нк от 18.10.2023 г., приказ о внесении изменений №1986/нк от 18.10.2023 г.

**Соискатель Смагин Андрей Андреевич**, 23 сентября 1995 года рождения.

В 2019 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», специалитет по направлению подготовки 24.05.07 – «Самолето- и вертолетостроение» (диплом специалиста 107724 1457955, регистрационный номер 2019/10-087Д от 25 января 2019 года). В 2023 году окончил обучение в аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 24.06.01 – «Авиационная и ракетно-космическая техника» (диплом об окончании аспирантуры 107733 0004355, регистрационный номер 2023/10-410Д от 06 июля 2023 года).

В период подготовки диссертации соискатель Смагин Андрей Андреевич работал в должности инженера-конструктора 3-й категории ПАО «ОАК» ОКБ

Сухого, в должности инженера НИО-104 МАИ. Соискатель работает в должности инженера-конструктора 3-й категории в ПАО «ОАК» ОКБ Сухого.

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации на кафедре 101 «Проектирование и сертификация авиационной техники» Института №1 «Авиационная техника».

**Научный руководитель** – Клягин Виктор Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, заместитель главного конструктора по боевому применению ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, доцент кафедры 101 «Проектирование и сертификация авиационной техники» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», по совместительству.

**Официальные оппоненты:**

1. **Гребенкин Александр Витальевич** – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, начальник отд. 901 ПАО «Московский институт электромеханики и автоматики», г. Москва.

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», г. Воронеж.

Все оппоненты дали положительные отзывы о диссертации.

**Ведущая организация** – Публичное акционерное общество «Авиационная корпорация «Рубин», г. Балашиха, в своем положительном отзыве, обсужденном на заседании научно-технического совета ПАО АК «Рубин» (протокол №1/011 от 14.11.2023 г.), подписанном заместителем генерального директора по перспективным разработкам, главным конструкторов В.И. Третьяком, ведущим инженером-конструктором, доктором технических наук А.Н. Лисиным и утвержденном главным конструктором по ВПУ В.В. Блохиным, указала, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор – Смагин Андрей Андреевич, заслуживает присуждения этой учёной степени по специальности 2.5.13. – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов»

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 8 опубликованных работ, включающих 3 статьи, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных

изданий ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации и в отечественных изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных и системы цитирования, 1 статью в журнале, индексируемом в международной системе цитирования Web of Science. Наиболее значимыми научными работами по теме диссертации являются:

**Статьи в рецензируемых журналах перечня ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, и в отечественных изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных и системы цитирования:**

1) Смагин А.А., Долгов О.С. Интегральный контур управления шасси как средство повышения устойчивости и управляемости самолетов нетрадиционных схем при движении по земле // «Качество и жизнь».-2020. - №3. - С.77-83. Соискателем лично предложен подход к объединению систем шасси в единый контур управления, смоделирована работа такого контура.

2) Долгов О. С., Сафоклов Б. Б., Смагин А. А. Диагностика и прогнозирование ресурса взлетно-посадочных устройств с использованием искусственных нейронных сетей // «Известия вузов. Авиационная техника».-2022. - №2. –С.3-10. Соискателем лично предложена матрица контролируемых параметров и установлена степень их влияния на ресурс шасси.

3) Смагин А. А., Клягин В.А. Методика формирования проектных решений в части систем управления движением по земле для трехопорного шасси самолета // Вестник Московского авиационного института, 2023. - №2. – С. 54-65. Соискателем лично разработана методика как комплекс алгоритмов, матриц, номограмм, моделей, описана суть работы методики и решена тестовая задача с применением методики.

**Научные статьи в ведущих научных журналах, включенных в международную систему цитирования Web of Science:**

4) Dolgov O.S., Safoklov B.B., Smagin A.A. Method for increasing the stability and controllability when moving on the ground of an UAV of an aerodynamic scheme of a flying wing. // International Journal of Sustainable Aviation.-2021. - vol.7 No 2. - P. 57-75. (Web of Science). Соискателем лично сформулирована проблема обеспечения устойчивого и управляемого движения по земле БПЛА схемы «летающее крыло» и предложен подход к повышению характеристик устойчивости/управляемости БПЛА путем объединения независимых подсистем шасси в единый контур управления. Выполнено моделирование динамики движения по земле ЛА, оснащенного такой системой.

**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 «Авиационная корпорация «Рубин»**, ведущая организация. **Отзыв положительный.** Подписан заместителем генерального директора по перспективным разработкам, главным конструктором Третьяком В. И., доктором технических наук, ведущим инженером-конструктором Лисиным А.Н. и утвержден главным конструктором по ВПУ–В.В.Блохиным.

К работе имеются следующие замечания:

- Из текста диссертации не ясно, каким образом выполнен расчет момента от внешних сил на поворотную часть передней опоры (рис. 2.13): использована ли для этого целевая математическая модель, или какой-либо аналитический метод.

- При построении областей существования тормозных колес автором наносится ограничение по размерности тормоза, однако во всех рассмотренных примерах это ограничение не влияет на область существования колеса. Из поясняющего текста неясно, всегда ли это так и зачем тогда нужно такое ограничение.

- На страницах 43-44 не обосновано, почему автор задается некоторыми конкретными значениями размеров узлов и деталей тормозного колеса.

- В расчетах автором не используется единая система размерностей физических величин.

- В материалах автореферата и диссертации присутствуют неточности в написании формул (одни и те же физические величины, параметры и характеристики обозначены разными символами).

- На стр. 52 имеется опечатка в обозначении размерности давления в колесе (указано  $\text{кгс}\cdot\text{см}^2$ )

**2. Гребенкин Александр Витальевич** – официальный оппонент, доктор технических наук. **Отзыв положительный**, заверен ученым секретарем ПАО «МИЭА» Кербером О.Б.

К работе имеются следующие замечания:

- На рис. 1.2 не указано, для какого состояния ВПП получены результаты по величине управляющего момента от носового колеса.

- На рис. 2.1 не ясно по каким нормативным документам получены граничные значения критериев К3 и К4.

- Блок-схема модуля «Динамика», изображённая на рис. 2.6, имеет незаконченную ветку.

- В оценке эффективности управления носовым колесом на пробеге не учитывается вклад, который вносят средства аэродинамического управления по рысканию и крену.
- В математическом описании алгоритмов управления тормозной системы (глава 3, стр. 66-67) не ясно, как определяются или задаются коэффициенты сцепления тормозных колёс.
- В описании динамики качения тормозных колёс не верно даётся определение относительного проскальзывания колёс  $S$  (формула 3.2): формула не работает при нулевой тангенциальной скорости колеса (на режиме юза).
- Описание закона автоматического управления носовым колесом носит поверхностный характер со ссылкой на функцию динамического отслеживания параметров движения.
- В блок-схеме корректировочного модуля для МПК (рис. 3.6) допущена ошибка в блоке проверки условия по  $\Delta Z_{\max}$ .
- Текст диссертационной работы изобилует сокращениями, затрудняющими чтение материала.
- В материалах автореферата и диссертации встречаются опечатки и стилистические погрешности.

**3. Верещиков Дмитрий Викторович**, официальный оппонент, кандидат технических наук. **Отзыв положительный**, заверен начальником учебного отдела ВУНЦ ВВС «ВВА» Переверзенцевым Р.Е.

К работе имеются следующие замечания:

- Автор утверждает, что в ходе работы разрабатывается «целевая математическая модель» для исследования динамики полета, однако фактически им создана «имитационная модель».
- На расчетной схеме (рис. 2.5) приводятся силы и моменты, которые не описаны в тексте и не фигурируют в расчетных формулах.

**4. ПАО «Яковлев»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником отдела аэродинамического проектирования Матросовым А.А., ведущим инженером-конструктором, доктором технических наук Левицким С.В., утвержден директором инженерного центра ПАО «Яковлев» к.т.н., Поповичем К.Ф.

К работе имеется замечание, связанное с отсутствием сведений о применимости методики для других схем шасси, кроме трехопорной с носовой опорой. Также в тексте автореферата не указано, учитывалось ли изменение аэродинамической конфигурации на пробеге для перераспределения нагрузки на опоры.

**5. АО «УЗГА»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан директором программ специальной авиации, заместителем директора дивизиона

пилотируемой авиации, к.т.н. Ливинцевым Н.П. и утвержден директором дивизиона пилотируемой авиации, генеральным конструктором, заместителем генерального директора АО «УЗГА» Мининым О.П.

К работе имеются следующие замечания:

- В автореферате присутствуют несоответствия: в разделе «методология и методы исследования» говорится о многокритериальной оптимизации, а каждый модуль в отдельности служит для выбора рациональных проектных решений.

- Из текста автореферата неясно, как конкретно интерпретируются результаты имитационного моделирования для последующей доработки систем управления движением по земле.

- По тексту присутствуют опечатки и пропуски знаков препинания.

**6. ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, отзыв на автореферат. Отзыв положительный**, подписан ведущим конструктором 1-го класса, к.т.н., доцентом Ереминым Н.А. и утвержден первым заместителем управляющего директора, директором ОКБ Сухого Стрельцом М.Ю.

К работе имеются следующие замечания:

- В автореферате не описаны матрицы проектных решений и расчетных ситуаций, что не позволяет оценить глубину проработанности методики в этой части.

- В тексте автореферата содержатся отдельные неточности и опечатки, не влияющие в целом на восприятие материала.

**7. ПАО «ОАК» ОКБ имени А.И.Микояна, отзыв на автореферат. Отзыв положительный**, подписан ученым секретарем отделения НТС ПАО «ОАК» в ОКБ «ОТА», заместителем главного конструктора по системам управления ПАО «ОАК» ОКБ имени А.И.Микояна, заслуженным машиностроителем РФ, д.т.н., профессором Оболенским Ю.Г., заместителем главного конструктора по перспективной тематике Дубининым В.В., заместителем ученого секретаря отделения НТС ПАО «ОАК» в ОКБ «ОТА», начальником бригады, к.т.н. Евдокимчиком Е.А. и утвержден заместителем управляющего директора ОКБ «ОТА», директором ОКБ им. А.И.Микояна, главным конструктором ОКБ, заместителем председателя НТС ОКБ «ОТА» А.О.Недосекиным.

К работе имеются следующие замечания:

- Из текста автореферата неясно содержание, структура и объем матриц схемных решений

- В тексте автореферата не приводятся сведения о границах применимости данной методики

**8. ФГБОУ ВО «МГТУ ГА», отзыв на автореферат. Отзыв положительный**, подписан заместителем заведующим кафедрой «Аэродинамика, конструкция и прочность ЛА», д.т.н., профессором Киселевым М.А., профессором кафедры «Аэродинамика, конструкция и прочность ЛА», д.т.н., доцентом Ефимовым В.В. и заверен начальником управления персоналом Буниным А.В.

К работе имеется замечание: в автореферате не указаны правила использования нескольких критериев.

**9. ФАУ «ГосНИИАС», отзыв на автореферат. Отзыв положительный**, подписан директором по оборонным проектам и программам ФАУ «ГосНИИАС», д.т.н. Самойловым В.П., начальником подразделения 0400 ФАУ «ГосНИИАС», к.т.н., доцентом Ивениным И.Б., начальником сектора ФАУ «ГосНИИАС», к.т.н., с.н.с. Скрынниковым А.А.

К работе имеются следующие замечания:

- при проведении верификации математической модели по летному эксперименту не приведен объем выборки, по которой проводится оценка погрешностей.

- автором проведена проверка гипотезы о нормальном распределении параметров. Из автореферата неясно, в чем ее необходимость.

**10. В/ч 18347, отзыв на автореферат. Отзыв положительный**, подписан заместителем командира в/ч 18347 по испытательно-методической и научно-исследовательской работе, д.т.н., доцентом С.В. Николаевым, ведущим научным сотрудником в/ч 15650, д.т.н., доцентом Терентьевым В.Б., инженером-испытателем в/ч 18347 Галактионовым М.В. и утвержден врио заместителя командира в/ч 15650 по научной работе Хвостиконом К.В.

К работе имеются следующие замечания:

- из текста автореферата неясно, является ли математическая модель положением, выносимым на защиту

- в автореферате имеются редакционные неточности, которые, однако, не затрудняют понимание работы. В частности, некоторые используемые в тексте формулы и таблицы не соответствуют ГОСТ в части используемых символов. Кроме того, в тексте присутствуют опечатки и неточности в терминологии.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью, имеющимся у них большим опытом проектирования агрегатов и систем летательных аппаратов, в том числе в области, соответствующей паспорту специальности 2.5.13. – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов» и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.



ПАО АК «Рубин» - ведущее российское предприятие в области разработки и производства агрегатов и систем шасси самолетов, в которой создаются современные авиационные колеса, тормозные системы и агрегаты гидросистем. Заключение по диссертационной работе обсуждено и подписано учеными, которые непосредственно занимаются вопросами, связанными с разработкой систем управления движением по земле.

Гребенкин Александр Витальевич – автор более 35 работ в области систем управления летательных аппаратов, в том числе и работ по математическому моделированию движения по земле.

Верещиков Дмитрий Викторович – специалист в области проектирования летательных аппаратов, автор работ по использованию методов математического и имитационного моделирования, что подтверждается многочисленными публикациями.

**Диссертационный совет отмечает**, что диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, на основании выполненных соискателем исследований разработана методика выбора рациональных проектных решений систем управления движением самолета по земле с использованием имитационного моделирования.

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

- **разработан** новый подход к выбору проектных решений для систем управления движением по земле самолета с трехопорным шасси на базе созданной автором имитационной модели, не имеющей аналога;
- **предложены** новые обоснованные критерии выбора проектных решений для исполнительных агрегатов системы управления движением самолета по земле;
- **впервые построены** матрицы проектных решений, содержащие систематизированные сведения по известным на данный момент проектным решениям для системы управления движением самолета по земле.

**Теоретическая значимость работы** заключается в решении задачи оптимизации проектных решений системы управления движением самолета по земле с использованием оригинальной целевой имитационной модели. Выбор проектных решений для подсистем осуществляется по предложенным автором критериям, отражающим удельную эффективность исполнительных приводов.

**Практическая значимость диссертации** заключается в том, что предложенный, ранее не применявшийся, подход позволяет получить следующие практические преимущества:

- поднять уровень среднего замедления до значения 4,0...4,5 м/с<sup>2</sup> при сохранении характеристик устойчивости и управляемости;

- довести уровень характеристик устойчивости и управляемости при движении по ВПП с неоднородными сцепными свойствами до уровня, характерного для самолётов со стандартными пропорциями шасси;
- расширить область допустимых условий эксплуатации с точки зрения ограничений по величине бокового ветра и увеличить безопасность полетов, исключить сход с взлетно-посадочной полосы и боковое капотирование;
- добиться снижения массы каждой из подсистем управления движением по земле на 15...20% за счёт выбора оптимальной конфигурации и типа силовых приводов.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что указанная методика была применена для решения практической задачи на этапе ОКР по созданию перспективного ЛА (получен акт внедрения в ПАО «ОАК» ОКБ Сухого). Построенные модули интерпретации результатов моделирования представляют для проектировщиков совокупность номограмм и алгоритмов для решения проектных задач.

**Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию** в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах при проектировании систем управления движением по земле самолётов размерности от 10 до 40 тонн, оснащённых трехпорным шасси с носовой опорой.

**Оценка достоверности результатов исследования** выявила согласованность результатов исследований диссертационной работы с результатами летного эксперимента. Верификация имитационной модели по летному эксперименту доказала высокую сходимость (погрешности основных сравниваемых параметров от 3 до 7%).

**Личный вклад автора состоит** в непосредственной реализации всех этапов исследовательского процесса, получении новых научных результатов при проектировании систем шасси, в выполнении теоретических и экспериментальных исследований, в обработке, интерпретации и апробации результатов диссертационной работы. В частности, автором лично разработана, отлажена и верифицирована имитационная модель, систематизированы известные проектные решения в матрицы проектных решений, предложена статистическая формула расчета массы привода поворота колес передней опоры, введены новые критерии, используемые в рамках методики.

**В ходе защиты критических замечаний высказано не было.**

**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 19 декабря 2023 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 проектирования систем шасси для современных типов самолетов, присудить Смагину Андрею Андреевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.5.13. – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов», участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – нет .

Председатель  
диссертационного совета  
24.2.327.09, д.т.н., академик РАН  
Погосян Михаил Асланович



*[Handwritten signature in blue ink]*

Ученый секретарь диссертационного совета  
24.2.327.09, к.т.н.  
Стрелец Дмитрий Юрьевич

*[Handwritten signature in blue ink]*

«19» декабря 2023 г.