

Ученому секретарю
диссертационного совета
Д 212.125.10 на базе Федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования «Московский
авиационный институт
(национальный исследовательский
университет)»
кандидату технических наук
доценту
Денискиной А.Р.

Волоколамское шоссе, дом 4
г. Москва, А-80, ГСП-3, 125993

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Кручинина Михаила Михайловича «Методика выбора параметров колесного шасси одновинтового вертолета на основе формально-имитационных математических моделей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Вертолет проектируется под определенные условия эксплуатации и требования, одно из основных из них – это требование по безопасному взлёту и посадке, в том числе и аварийной. Поэтому разработка шасси вертолета представляет особый интерес с учетом ограничений, накладываемых нормами прочности. Подтверждение требований АП-29 проводится путем проведения стендовых и летных испытаний. Это затрудняет выполнение прогнозных исследований при разработке шасси и приводит к многочисленным доработкам и модификациям шасси. Проведение натурных испытаний при таком подходе требуют большого объема времени и средств.

Также в ходе работ по сертификации вертолета для подтверждения соответствия существующей или новой конструкции нормам прочности необходимо проводить комплекс испытаний и расчетов, одним из которых является определение внешних нагрузок на шасси и планер в различных посадочных случаях.

Существующие в настоящее время методики разработки шасси основаны на аналитических расчетах амортизаторов и пневматиков, которые должны подтверждаться экспериментом. При такой методике полученная конструкция шасси с первого раза редко соответствует всем предъявленным требованиям. Приходится менять параметры различных элементов шасси и весь алгоритм проектирования повторять заново, включая дорогостоящие испытания.

Оппонируемая работа направлена на сокращение объема работ при проектировании шасси путем замены части натурных стендовых и летных испытаний математическим моделированием. Поэтому **актуальность** диссертационной работы Кручинина М. М. не вызывает сомнения, она направлена на решение важной **научно-технической задачи** разработки методики выбора параметров колесного шасси вертолета одновинтовой схемы на основе математических моделей его движения по поверхности земли в стандартных условиях и в особых случаях.

Автор, решая данную задачу, на основе глубокого анализа теоретических и экспериментальных данных, разработал методики, алгоритмы и программы расчёта, позволяющие проектировать шасси вертолета одновинтовой схемы с учётом внешних факторов под заданные требования и нормы.

Работа состоит из введения, четырёх глав, заключения по работе и списка литературы и содержит 119 страниц, 71 рисунок, 16 таблиц и списка литературы из 102 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, определены объект и предмет исследования, сформулированы цель диссертации, задачи, решаемые в ходе работы и положения, выносимые на защиту, показана научная новизна, теоретическая и практическая значимость, методология и методы исследования.

В первой главе дан обзор различных конструктивно-силовых схем колесного шасси вертолета, показаны их преимущества и недостатки.

Проведен анализ существующей методики разработки шасси вертолета. Приведены основные расчетные случаи при посадке вертолета по нормам прочности АП-29 и НЛГВ-2. Приведено описание копровых испытаний опор шасси, необходимых для подтверждения характеристик амортизации при поглощении энергии посадочного удара.

Автором проведен анализ существующей методики разработки шасси вертолета и показана необходимость применения предлагаемой методики.

Во второй главе приведено описание математической модели копровых испытаний опор шасси вертолета Ми-38. Показано сравнения результатов расчета с данными натурных испытаний

При допущениях результаты моделирования совпадают с экспериментом с достаточной точностью, что служит доказательством достоверности предложенной методики расчета.

В третьей главе описаны разработанные математические модели посадки вертолета с пробегом и без пробега по взлетно-посадочной полосе.

Совместная работа различных программных продуктов позволяет учесть при моделировании посадки вертолета силовые факторы от несущего винта работающего вблизи земли, реакцию земли в точке контакта колеса с поверхностью, упругие силы при деформации фюзеляжа и хвостовой балки.

Проведено моделирование посадки вертолета на различных режимах, включая режим самовращения несущего винта. Результаты моделирования хорошо согласуются с данными натурных испытаний при посадке на режиме авторотации.

Проведенный анализ аварийной посадки вертолета с различными скоростями снижения и анализ влияния параметров снега при посадке на режиме авторотации на нагрузки, возникающие в точке контакта с поверхностью, представляет большой практический интерес, так как такие режимы посадки небезопасны и получение экспериментальных данных невозможно.

В четвертой главе показано применение разработанной методики при решении практических задач, возникающих при разработке вертолета.

Показана возможность выбора параметров шасси и оценка требований к конструкции на всех этапах проектирования вертолета.

Возможность решения различных практических задач подтверждается актом о внедрении данной методики на АО «МВЗ им. М.Л. Миля».

Экономический эффект при внедрении предложенной методики состоит в снижении времени и затрат по сравнению с существующей методикой.

В заключении отражены результаты диссертационной работы и показаны пути дальнейшего развития в данном направлении.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- математическая модель посадки и движения вертолета по поверхности земли разработана с учетом кинематических и динамических характеристик шасси, а так же работы несущего винта вблизи земли;
- методика моделирования основана на описании объектов с различными физическими и структурными свойствами, при этом данная методика реализована в виде совместной работы различных пакетов программ в общем информационном поле с возможностью интерактивного и динамического обмена данными между ними.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

- уточнены диапазоны изменения внешних нагрузок на шасси и планер вертолета в основных посадочных случаях;
- исследованы различные законы управления вертолетом при посадке в стандартных условиях и особых ситуациях;
- показана возможность сокращения объема стендовых и летных испытаний при проектировании и сертификации шасси и планера вертолета путем частичной замены испытаний математическим моделированием;
- на стадии аванпроектов вертолетов Ми-171А3 и перспективного тяжелого вертолета проводится выбор параметров амортизаторов шасси;
- реализована совместная работа программ в рамках единого информационного пространства.

Следует отметить внедрение данной методики в процесс проектирования шасси в ОКБ АО «МВЗ им. М.Л. Миля»

Достоверность результатов расчета подтверждена их согласованием с данными стендовых испытаний опор шасси и летных испытаний вертолета Ми-38.

Научные результаты не противоречат опубликованным работам других авторов.

Предложенная методика может быть использована при разработке колесного шасси различных летательных аппаратов, включая вертолеты и самолеты.

Промежуточные результаты исследования были представлены в виде докладов на 4 международных и 2 всероссийских конференциях в 2016, 2017 и 2018 гг. По теме диссертации автором в соавторстве опубликованы 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ.

Получен акт о внедрении результатов диссертационной работы М.М. Кручинина.

Диссертация написана грамотным научно-техническим языком.

Автореферат достаточно полно отражает основное содержание диссертационной работы.

К тексту диссертации и автореферата можно сделать следующие **замечания:**

1. Для расчёта аэродинамических характеристик несущего винта использовалась линейная дисковая теория, которая не позволяет с достаточной точностью рассчитывать поле индуктивных скоростей, а, следовательно, нагрузки на фюзеляж, в том числе и на хвостовую балку, что может сказаться на характере нагружения фюзеляжа и хвостовой балки.
2. Одно из основных явлений, которое необходимо учитывать при проектировании шасси – земной резонанс упомянуто, но не учитывалась в работе.
3. В автореферате уделено большое внимание обзору литературы, что привело к значительному увеличению объёма автореферата.

Несмотря на указанные замечания, диссертационная работа Кручинина М.М. является законченной научно-исследовательской работой, результаты которой можно квалифицировать как решение актуальной

научной задачи. Диссертация соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, а ее автор **Кручинин Михаил Михайлович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности **05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»**.

Миргазов Руслан Миннхатович
Заместитель начальника отделения ЦАГИ
по аэродинамике вертолётов
кандидат технических наук



Р.М. Миргазов
7.11.2019г.

Адрес электронной почты: Ruslan.Mirgazov@tsagi.ru
Телефон: 8-495-556-30-51

Полное наименование организации:

Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФГУП «ЦАГИ»)

Почтовый адрес организации: 140180 Россия, г. Жуковский, Московская область, ул. Жуковского, 1

Адрес официального сайта организации в сети «Интернет»: www.tsagi.ru

Адрес электронной почты организации: info@tsagi.ru

Телефон: 8495556-42-05; Факс: 8495777-63-32

Подпись Миргазова Руслана Миннхатовича, зав. отд.

Начальник управления персоналом



О.А. Власова