

ОТЗЫВ

научного руководителя
на диссертационную работу КРУЧИННИНА Михаила Михайловича
«Методика выбора параметров колесного шасси одновинтового вертолета
на основе формально-имитационных математических моделей»,
представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство
летательных аппаратов»

Аспирант кафедры 102 МАИ «Проектирование вертолетов» Кручинин Михаил Михайлович, 1973 года рождения, имеет 2 высших образования:

- в 1996 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский инженерно-физический институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «Прикладная математика»,
- в 2015 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение» (специализация «вертолетостроение»).

В 2015 году М.М.Кручинин поступил в аспирантуру МАИ по кафедре «Проектирование вертолетов» по целевому направлению от АО «Московский вертолетный завод им. М.Л.Миля», где он работал после окончания МАИ в должности ведущего конструктора, а затем начальника группы бригады внешних нагрузок и аэроупругости отдела прочности планера и несущего винта вертолета. В период обучения в аспирантуре был удостоен стипендии Правительства РФ (2016 – 2017 гг) и стипендии Президента РФ (2017 – 2018 гг.) для аспирантов, обучающихся по образовательным программам высшего образования по очной форме по специальностям или направлениям подготовки, соответствующим приоритетным направлениям модернизации и технологического развития российской экономики.

Выбор темы диссертационной работы М.М.Кручинина был обусловлен планами работ АО «МВЗ им. М.Л.Миля» по проектированию тяжелого российско-китайского вертолета, при создании которого предполагалось широкое применение платформы *Simcenter AMESim*, разработанной компанией *Siemens*. Перед аспирантом была поставлена задача освоить это программное обеспечение и применить его при выборе параметров и проектировании шасси нового тяжелого вертолета.

Актуальность темы исследования вытекает из постановки задачи, которая предполагала при описании работы шасси перейти от имитационных математических моделей, построенных на основе экспериментальных исследований созданных ранее конструкций и опыта эксплуатации вертолетов различных весовых категорий, к формальным моделям, для функционирования которых и предназначена платформа *Simcenter AMESim*.

Для решения этой задачи лично автором диссертации:

- составлены формально-имитационные математические модели жидкостно-газовых амортизаторов передней и основных опор шасси вертолета, учитывающие их основные конструктивные параметры и кинематические связи;

- создана и апробирована методика виртуальных копровых испытаний колесного трехстоечного шасси вертолета одновинтовой схемы, достоверность которой подтверждена экспериментальными данными как статических, так и динамических испытаний;

- разработан алгоритм расчета аэродинамических характеристик несущего винта, работающего вблизи земли на режимах горизонтального полета, набора высоты и снижения;

- создана и практически реализована математическая модель динамики посадки и движения вертолета по поверхности земли с учетом изменяющихся по времени сил и моментов на несущем винте как при подводе мощности, так и на режимах авторотации.

Научная новизна выполненной работы заключается в том, что в ней впервые:

- предложен новый подход к выбору параметров колесного шасси вертолетов одновинтовой схемы, заключающийся в комплексном применении формально-имитационных математических моделей на этапах эскизного и рабочего проектирования, а также стендовых и летных испытаний;

- разработана математическая модель движения вертолета по поверхности земли с учетом кинематических и динамических характеристик шасси, а так же работы несущего винта вблизи земли;

- реализована методика моделирования объектов с различными физическими и структурными свойствами в виде совместно работающих в общем информационном поле пакетов программ, обменивающихся данными в интерактивном или динамическом режимах.

Во время апробации разработанной методики автор исследовал различные виды посадок вертолета Ми-38: вертикальную и с пробегом, включая посадку на снег. Проведена оценка влияния конструктивных параметров шасси и режимов приземления вертолета Ми-38 на соответствие заданным требованиям норм летной годности. На стадии аванпроекта вертолетов Ми-171А3 и Ми-ПТВ выбраны в первом приближении параметры амортизаторов шасси, на основе которых начато рабочее проектирование.

Практическая значимость разработанного подхода к выбору параметров колесного трехстоечного шасси заключается в:

- уточнении диапазонов изменения внешних нагрузок на шасси и планер вертолета в основных посадочных случаях;

- исследовании различных законов управления вертолетом при посадке в стандартных условиях и особых ситуациях;

- реализации на базе ПЭВМ совместной работы в рамках единого информационного пространства программ САД-моделирования (*NX Unigraphics*), САЕ-анализа (*Simcenter Structural, Simcenter Motion, Virtual.Lab Motion, ADAMS View*), 1D-моделирования (*Simcenter AMESim*), численной реализации формальных моделей *Mathcad* и электронных таблиц *Excel*.

Принципиально важным является обоснованная в диссертации возможность частичной замены копровых испытаний стоек шасси по отдельности и вертолета в целом математическим моделированием с использованием разработанного алгоритмического и программного обеспечения. Это в полной мере относится и к моделированию различных вариантов посадок вертолета как в типовых условиях, так и в сложных ситуациях, включая посадку на режиме авторотации с неработающими двигателями. Анализ таких ситуаций на ранних этапах проектирования вертолета позволяет существенно сократить затраты на летные испытания и общие сроки работы над новыми проектами.

В 2018 году Кручинин М.М. успешно сдал все экзамены кандидатского минимума, а 18 июня 2019 года прошел государственную итоговую аттестацию, защитив на "отлично" квалификационную работу по теме диссертации.

Основные положения диссертации опубликованы автором в четырех изданиях из перечня ВАК и докладывались на 11 отечественных и международных конференциях, форумах и научно-практических семинарах. Научные проекты М.М.Кручинина были признаны победителями конкурса «Вертолеты 21 века» 2015 и 2016 гг., проводимого АО «Вертолеты России», а также Всероссийского инженерного конкурса 2015 года.

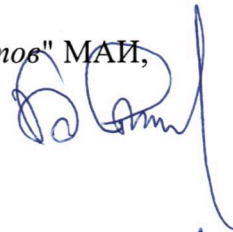
В период работы над диссертацией Кручинин М.М. проявил себя как самостоятельный и квалифицированный исследователь, обладающий отличной математической подготовкой и в совершенстве владеющий разноплановым программным обеспечением. Исключительное трудолюбие и нацеленность на конечный результат позволили ему завершить работу над диссертацией в установленный срок, наметить пути дальнейшего совершенствования разработанных математических моделей и их включения в единую структуру программ при работе над приоритетными проектами АО "МВЗ им. М.Л.Миля".

Следует отметить, что в период обучения в аспирантуре М.М.Кручинин принимал участие в учебном процессе кафедры "Проектирование вертолетов": проводил лабораторные работы по курсу "Моделирование инженерных задач" для студентов 3 курса специальности 24.05.07 "Самолето- и вертолетостроение", а в 2018 году составил программу нового курса «*Модельно-ориентированный подход на основе платформы Simcenter AMESIM при проектировании вертолетных систем*», который предполагается прочитать студентам-вертолетчикам в 2019 - 2020 учебном году в рамках программы развития системы подготовки кадров для оборонно-промышленного комплекса в образовательных ор-

ганизациях высшего образования, подведомственных Министерству науки и высшего образования Российской Федерации.

Считаю, что Кручинин М.М. является сложившимся научно-техническим специалистом, а его диссертационная работа представляет собой законченное решение актуальной и практически значимой научно-технической задачи и отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а сам Кручинин Михаил Михайлович заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Научный руководитель,
доцент кафедры "Проектирование вертолетов" МАИ,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник



Б.Л.Артамонов

Подпись Артамонова Б.Л. удостоверяю.

Декан факультета "Авиационная техника"
Московского авиационного института
(национального исследовательского университета)



А.В.Ефремов

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)
Кафедра "Проектирование вертолетов"
Адрес: 125993, г. Москва А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4
Телефон: (499)158-46-10
Факс: (499)158-29-77
E-Mail: k102@mai.ru