

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора кафедры «Технологии
производства авиационных комплексов специального назначения»

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

Дудника Виталия Владимировича

на диссертацию КАРГАЕВА Максима Владимировича

на тему «Метод проектирования лопастей несущего винта с учётом ветрового воздействия»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных
аппаратов».

Представленная диссертационная работа М.В. Каргаева посвящена разработке метода проектирования лопастей несущего винта вертолета, учитывающего дополнительные требования, обусловленные ветровым воздействием окружающей среды на стоянке вертолета, которые существенно влияют на стоимость эксплуатации лопастей и надежность конструкции вертолета.

Актуальность темы обусловлена отсутствием в настоящее время достаточного уровня знаний, касающихся учета воздействия ветра на невращающиеся лопасти несущего винта и увеличением количества вертолетов, эксплуатирующихся в регионах с интенсивными порывистыми ветрами. Данные обстоятельства диктуют необходимость проведения фундаментальных и прикладных исследований, направленных на выяснение физической картины ветрового нагружения лопастей, исследование факторов, влияющих на характеристики статической и усталостной прочности лопастей, их динамическую и статическую устойчивость, а также прогнозирование их ресурса.

В соответствии с поставленными проблемами автором сформулирована цель исследования, направленная на разработку метода проектирования лопастей несущего винта вертолета с учетом ветрового воздействия. Объектом исследования являлись невращающиеся зашвартованные и незашвартованные лопасти несущего винта.

В главе 1 работы рассмотрена статическая прочность невращающихся лопастей при действии ветровой нагрузки. Описаны принципы, которые были использованы автором при рассмотрении воздействия ветра на невращающуюся лопасть несущего винта вертолета, находящегося на стоянке, определены и записаны в виде уравнений основные аэродинамические зависимости определяющие при воздействии ветра. Синтезирована задача определения максимально допустимой скорости ветра и соответствующего ей

направления для лопасти при заданном положении вертолета на стоянке. Получены расчетные формулы для определения критических скоростей ветрового потока для однородных и неоднородных лопастей в зависимости от угла скольжения, определяемого их азимутальным положением относительно продольной оси вертолета. В результате выполнения данных исследований установлено, что потеря устойчивости незашвартованной лопасти вертолета под воздействием ветра возможна только на режимах обдувки с отрицательными углами скольжения – при расположении лопасти концевой частью навстречу ветровому потоку. Для оценки характеристик устойчивости лопастей под воздействием ветра предложен критерий – ветровой коэффициент лопасти. Предложены методы расчета изгибных напряжений в незашвартованной и зашвартованной лопасти несущего винта вертолета при воздействии ветра. Выполнен расчет напряжений в незашвартованной лопасти на основе линейной и нелинейной моделей нагружения. Решена задача определения максимально допустимой скорости ветра и соответствующего ей направления относительно лопасти при заданном положении вертолета на стоянке. Для подтверждения достоверности результатов расчетов в главе выполнена валидация разработанных теоретических моделей на базе результатов экспериментальных исследований статической прочности лопасти при имитации ветровой нагрузки с помощью дискретно распределенной по длине лопасти нагрузки.

Глава 2 диссертационной работы посвящена определению динамической прочности невращающихся лопастей при действии ветровой нагрузки. Получены уравнения, описывающие движение зашвартованной и незашвартованной лопасти при нестационарном воздействии ветра, а также описан метод расчета динамических напряжений в лопасти на базе нелинейной модели нагружения. Результаты представленных материалов, показывают, что существует возможность появления динамической неустойчивости зашвартованной и незашвартованной лопастей несущего винта вертолета под действием ветра на стоянке, а напряжения, возникающие в лопасти в случае её нагружения ветровым потоком, могут значительно превышать напряжения, возникающие в ней под действием массовых сил, и должны учитываться при ее проектировании. Исследована и установлена возможность появления динамической неустойчивости зашвартованной и незашвартованной лопасти при действии ветра на стоянке. Отсюда сделан вывод о необходимости выполнения проверки на динамическую устойчивость лопасти при ее проектировании, и при необходимости выполнения отстройки от резонансов.

Значительные величины напряжений, вызываемые ветром, а также факт возможного длительного нахождения вертолета в стояночном положении в течение эксплуатации определили необходимость разработки автором метода расчета ресурса лопастей несущего винта учитывающего и полетный и ветровой спектры нагружения. На основе анализа

расчетов по предложенному методу установлено, что колебания лопастей в потоке ветра могут быть причиной расходования значительной части их ресурса. Срок службы лопастей может быть увеличен за счет использования штатной швартовки лопастей на стоянке вертолета. Показано, что для мест эксплуатации вертолета с небольшими среднегодовыми скоростями и изменчивостью ветра расчет ресурса лопасти может проводиться без учета ветра на стоянке.

Выполнено сравнение расчета динамических напряжений на основе предложенного метода с экспериментальными данными, в которых источником ветрового воздействия на лопасти вертолета с заторможенным от вращения винтом является другой вертолет, расположенный рядом и создающий воздушный поток вращающимся несущим винтом. Получена удовлетворительная сходимость результатов численных расчетов динамических напряжений в лопасти с экспериментальными данными.

В главе 3 предлагаются методика и алгоритмы проектирования лопастей несущего винта вертолета, учитывающие ветровое воздействие в атмосфере окружающей среды, рассмотрены существующие требования, предъявляемые к проектируемым лопастям винтокрылых летательных аппаратов, формулированы дополнительные требования, обусловленные явлениями их ветрового нагружения на стоянке вертолета.

Степень обоснованности, достоверность и новизна исследования научных положений и рекомендаций

Представленные в диссертации научные положения и выводы методически обоснованы и подтверждены результатами математического моделирования, а также и натурными экспериментами, выполненными на лопастях серийных вертолетов.

Разработанный соискателем математический аппарат и алгоритмы расчета, реализованные в виде программ для ЭВМ, основаны на корректном применении теории и математического аппарата. Результаты экспериментов подтверждают изложенные в диссертации теоретические положения. Это дает основание считать полученные результаты достоверными.

Научная новизна представленной диссертационной работы определяется рядом новых научных методов и решений, полученных автором, и заключается в следующем:

1. Разработан метод расчета статических напряжений в невращающихся лопастях вертолета, обдуваемых ветровым потоком.
2. Уточнен метод расчета динамических напряжений в невращающихся лопастях вертолета, обдуваемых ветровым потоком, на базе нелинейной модели нагружения.

3. Исследована и подтверждена возможность потери как статической, так и динамической устойчивости лопастей несущего винта вертолета, находящихся на стоянке под воздействием ветра.
4. Разработана методика расчета ресурса лопастей несущего винта вертолета с учетом их ветрового нагружения на стоянке.
5. Сформулированы дополнительные требования к лопастям несущего винта, обусловленные явлениями их ветрового нагружения на стоянке вертолета.
6. Разработан метод проектирования лопастей несущего винта вертолета, учитывающий дополнительные требования, обусловленные ветровым воздействием окружающей среды на стоянке вертолета.

Значимость для науки и практические рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Рекомендации автора диссертации, основанные на методике определения величины предельной скорости ветра на стоянке для различных типов зашвартованных и незашвартованных лопастей, и исследования состояния агрегатов несущей системы, подвергшихся воздействию штормового ветра, имеют практическую направленность. Они могут быть включены в летную и техническую документацию вертолетов. Использование предложенных положений позволит обеспечить сохранность лопастей несущего винта, эксплуатирующихся в условиях ветра, и снизить финансовые затраты на приобретение новых комплектов лопастей.

Разработанная методика проектирования лопастей с учетом ветрового воздействия может стать значимым базисом для выполнения исследований в данном направлении, которое будет актуальным на в ближайшие годы.

Разработанные Каргаевым М.В. в процессе выполнения диссертации математические модели, методы, алгоритмы и результаты расчета явлений ветрового нагружения лопастей, как и разработанный метод проектирования лопастей несущего винта вертолета с учетом ветрового воздействия, использованы в АО «Национальный центр вертолетостроения им. М. Л. Миля и Н.И. Камова» при выполнении этапа технического предложения по перспективному тяжелому вертолету, а также приняты к использованию при проектировании лопастей несущего винта из полимерных композиционных материалов новой разработки, что подтверждено актом о внедрении. Практическая значимость диссертационной работы также подтверждена внедрением результатов исследований в организации АО «Ютэйр-Инжиниринг», эксплуатирующей вертолеты.

Содержание диссертации и автореферата

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, оформленной в соответствии с существующими требованиями. Автореферат достаточно полно передаёт основное содержание диссертации.

В качестве недостатков работы следует отметить следующие.

1. Автор дважды делает отсылку к уже утратившим силу нормам летной годности НЛГВ-2.
2. Автором представлены численные результаты расчета зависимости критической скорости лопасти вертолета Ми-8 от её азимутального положения, (рис. 5, стр. 38). Однако в работе не показано, как делался этот расчет.
3. В описании эксперимента (стр. 65) не представлена схема экспериментальной установки, однако присутствуют её описания, которые не позволяют понять особенности выполнения экспериментов. Правильнее было бы сделать отсылку на результаты экспериментов.
4. Есть проблемы с оформлением диссертации, а именно:
 - параграфы 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3 и т.д. не внесены в оглавление,
 - местами используемые личные обращения автора типа «запишем», «будем», «примем» не должны применяться в научной литературе,
 - ряд формул в разных параграфах, например, на стр. 26, 36, 37 и т.д., не имеют номеров,
 - в некоторых случаях используется сленг, некорректный в русскоязычной научной литературе. Например, «лопасть препарирована тензорезисторами» (стр. 64).

Следует отметить, что указанные недостатки не снижают научной ценности выполненных автором исследований и не влияют на общее положительное впечатление от объема, результатов и законченности диссертационной работы.

Соответствие работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям


Диссертационная работа Каргаева Максима Владимировича является законченной научно-квалификационной работой, результаты которой можно квалифицировать как решение важной научно-технической задачи.

Публикации, в количестве 8 статей, из которых 6 опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 2 – в изданиях, цитируемых международной базой SCOPUS, а также 11 печатных работ, опубликованных в трудах и материалах научных конференций, раскрывают основное содержание диссертации.

Диссертация соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата

технических наук, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, а её автор Каргаев Максим Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Профессор кафедры «Технологии производства авиационных комплексов специального назначения» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,
доктор технических наук


В.В. Дудник
25.10.2021

Адрес электронной почты: vvdudnik@mail.ru
Почтовый адрес: 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1,
Тел. +7 (863) 2589142

Полное наименование организации:
Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет». Почтовый адрес: 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
Адрес официального сайта организации в сети «Интернет»: www.donstu.ru
Адрес электронной почты: reception@donstu.ru
Телефон: +7 (863) 306-20-00

Подпись Дудника Виталия Владимировича удостоверяю:

Ученый секретарь Ученого совета Донского государственного технического университета



В.Н. Анисимов