

Ученому секретарю диссертационного совета
Д 212.125.10 в ФГБОУ ВО
Московский авиационный институт
(Национальный исследовательский
университет)
А.Р. Денискиной

125993, г. Москва,
Волоколамское шоссе, д. 4

ОТЗЫВ

на диссертационную работу Колпакова Андрея Михайловича «Исследование трехслойных несущих поверхностей авиационных конструкций с возможностью управления пограничным слоем», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»

Диссертационная работа А.М. Колпакова «Исследование трехслойных несущих поверхностей авиационных конструкций с возможностью управления пограничным слоем» посвящена решению ряда проблем, сформулированных в таких документах, как Перечень критических технологий Российской Федерации (п. 24 - Технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения), Приоритетные направления научно-технологического развития Российской Федерации (пункт е) - связанность территории Российской Федерации за счет создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем, а также занятия и удержания лидерских позиций в создании международных транспортно-логистических систем, освоении и использовании космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики), используя научные подходы, обозначенные в этом документе пунктом а) - переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта, что, безусловно, подтверждает современность и своевременность выполненной работы. Детальное обоснование актуальности исследуемой автором проблемы убедительно изложено во вводной части диссертации, где перечислен ряд прикладных задач, решение которых возможно с использованием несущих поверхностей самолета трёхслойной конструкции с возможностью управления пограничным слоем. Процесс достижения цели диссертационного исследования, сформулированной на основе анализа доступных источников информации и требований к современным летательным аппаратам, логично структурирован в перечень решаемых задач.

В Главе 1. Общие сведения о различных заполнителях ТК (стр. 37-72) приведены сведения о различных типах заполнителей трехслойных конструкций с анализом конструктивных особенностей, областей их применения, достоинств и недостатков. В завершающей части главы рассмотрены различные виды элементарных ячеек

Отдел документационного
обеспечения МАИ

30 11 2020

Гидиш

тетраэдрального, пирамидального, гексагонального дискретного заполнителя. Содержание и качество оформления главы характеризуют соискателя как технически грамотного зрелого исследователя, хорошо владеющего анализируемым вопросом, САД технологиями, умеющего убедительно представить исследуемую проблему, обоснованно проанализировать пути ее решения.

В Главе 2. Управление пограничным слоем (стр. 73-91) автор обосновывает необходимость исследования поставленной проблемы, основываясь на анализе особенностей российской системы авиаперевозок и тенденций ее непрерывной деградации. Здесь же рассматривается связь требуемых характеристик аэродинамической стабильности самолетов с характеристиками ВПП и актуальность создания ЛА с укороченными взлетом и посадкой. Конечноэлементное моделирование процесса обтекания аэродинамического профиля с перфорированным участком верхней поверхности и нагнетанием воздуха через отверстия продемонстрировало возможность управляемо воздействовать на поведение пограничного слоя. В результате анализа возможностей конструктивной реализации такого решения обосновывается целесообразность использования концептуального дизайна несущей поверхности, подкрепляемой сердечником в виде регулярных дискретных элементов.

В Главе 3 Прочностной анализ закрылка ТК с различными вариантами дискретного заполнителя (стр. 91-104), где анализируется устойчивость несущего слоя при сжатии, сначала на упрощенной одномерной модели, а затем на конечноэлементной модели участка крыла с сердечником в виде регулярных дискретных элементов, изгибаемой моментом внешних сил, дан анализ распределения критических нагрузок в элементах конструкции, что позволяет обоснованно подойти к проектированию реальной конструкции, обеспечив требуемые показатели конструктивной прочности.

В Главе 4 Ключевые принципы обеспечения технологичности конструкции закрылка с заполнителем в виде регулярных дискретных элементов (стр. 105-119) прорабатывается проблема обеспечения технологичности предлагаемого решения, что является необходимым элементом любого проекта, ориентированного на применение в конструкции летательного аппарата. Предварительные предложения по формированию операций технологического процесса холодной штамповки вставок дискретного заполнителя и выбору средств технологического оснащения представляются очень важными и проработанными на уровне, достаточном при обосновании облика конструкции трехслойных несущих поверхностей с возможностью управления пограничным слоем. Кроме того, выполнение вставок из ПКМ на основе многослойной выкладки тканого препрега также представляет очень сложную технологическую задачу из-за ограниченной деформируемости высокопрочных тканей и необходимости выдержать достаточное и однородное распределение армирующего компонента в

каждой точке формуемой конструкции с резкими изменениями кривизны. Уровень представленного в главе материала характеризует автора как авиационного специалиста, владеющего знаниями и навыками не только современного дизайна, но и технологий, принятых у ведущих мировых производителей авиационной техники.

В Заключении (стр. 120-122) формулируются основные выводы и перспективы использования результатов исследования в практике проектирования нового поколения летательных аппаратов.

Приложения 1 и 2, содержащие описание эксперимента по изготовлению образцов заполнителей дискретной структуры и вариантов их исполнения (стр. 150-167), демонстрируют непосредственный выход результатов работы, доведенной до изготовления опытных образцов, что подтверждает возможность их практической реализации и обосновывает правильность полученных автором конструкторско-технологических решений.

По тексту диссертации имеются замечания.

В Главе 1, где автор приводит обзор различных заполнителей трехслойных конструкций, не достает критического анализа, если не количественных, то качественных показателей рассматриваемых конструктивных решений по всем рассматриваемым далее в работе критериям, в том числе, по критерию технологичности. Характер этого замечания наиболее выпукло проявляется в выводах по первой главе, где автор не приводит ожидаемых преимуществ объекта будущего исследования перед другими рассмотренными конструктивными решениями.

В Главе 2, приводя результаты конечноэлементного анализа процессов обтекания, выполненного средствами модуля ANSYS Fluent, автор не приводит определяющих уравнений задачи аэромеханики, не сообщая также о принятой модели турбулентности. Во втором выводе по результатам сообщается о том, что определена зона закрылка, к которой необходимо обеспечить транзит газа для осуществления УПС, однако никакой информации о варьируемых скоростях обтекания, диапазоне исследованных положений зоны транзита газа и, наконец, о форме аэродинамического профиля (один из профилей НАСА или иной) не приводится. Таким образом, выводы по главе можно характеризовать как расширенные и не вполне конкретные. Представленное исследование и полученные выводы были бы значительно более убедительными и достоверными если бы автор начал его с описания и обоснования размерности решаемой задачи, детального описания моделируемого объекта со всеми упрощающими допущениями, принятой модели гидро-аэромеханики, диапазона варьируемых условий численного эксперимента, выходных параметров (характеризующих эффективность) и способов их определения, а в завершение проанализировал полученные результаты.

В первом абзаце Главы 3 автор ссылается на опыт, приобретенный в результате

знакомства с публикациями отечественных и зарубежных авторов, однако в приведенных ссылках содержатся только работы отечественных авторов.

При формулировании задачи моделирования напряженного состояния исследуемой конструкции в тексте диссертации указано: "При проектировании трехслойных конструкций рассмотренного типа, для выбора оптимальных параметров несущих слоев и элементов ячеек заполнителя (шага ячеек, толщины несущих слоев и стенок заполнителя) по условиям максимальной несущей способности при минимальном весе проводится статический расчет с использованием метода конечных элементов в программном комплексе ANSYS". Однако в тексте далее не указывается, какие именно параметры несущих слоев варьировались и в каких пределах, а также не уточняется смысл термина "при минимальном весе".

Приводя формулу критических напряжений местной потери устойчивости (3.7), автор называет ее известной формулой, но не приводит ссылки на первоисточник и не раскрывает физического смысла всех величин, входящих в формулу.

Рисунок 63, где представлены два варианта деформированного состояния панели после потери устойчивости в результате изгиба, не содержит количественной информации, что затрудняет понимание результата выполненной модификации конструкции.

В Разделе Прочностной анализ устойчивости несущих слоев авиационной несущей поверхности со сборным многослойным заполнителем, имеющим дискретную структуру ячеек, представлен ряд иллюстраций, демонстрирующих распределение напряжений фон Мизеса в теле конструкции, но мелкий шрифт на шкалах этих напряжений и отсутствие данных об упругих и прочностных свойствах элементов конечноэлементной модели не позволяет сделать какого-либо количественного заключения об опасности этих напряжений в зонах максимальной интенсивности.

В выводах по Главе 3 перечисляются преимущества трехслойных конструкций предлагаемого типа перед традиционными конструкциями закрылков, однако никакого сравнения двух типов конструкций одинаковых типоразмеров и условий работы в тексте не приведено. Результатов весовой количественной оценки в работе также не приводится.

В качестве замечания по Главе 4, где рассмотрены вопросы обеспечения технологичности предлагаемой конструкции, следует отметить, что важнейшей и наиболее сложной проблемой здесь является не минимизация количества переходов штамповки, как отмечает автор на стр. 111, а обеспечение геометрической точности штампованных вставок, получаемых глубокой вытяжкой, которая всегда сопровождается значительными остаточными деформациями, а также обеспечение геометрической точности при сборке, т.к. конструкция вставок исключительно сложна

для их взаимного базирования, а именно геометрия наружной поверхности вставок будет определять форму аэродинамического профиля.

Приведенные замечания носят, в основном, рекомендательный характер, их учет является необходимым при разработке конкретной конструкции с использованием разработанных методик, однако их наличие не влияет на высокую оценку работы, посвященной разработке методики определения облика исследуемой конструкции, ее актуальности, научной новизны, практической значимости, обоснованности.

Представленная диссертационная работа выполнена на высоком научно-техническом уровне с использованием современных методов и средств компьютерного CAD/CAE моделирования, методов многокритериальной оптимизации и анализа технологичности предлагаемых конструкторских решений. Использованные автором научные положения, полученные результаты, выводы обоснованы корректным использованием прошедших апробацию научным и инженерным сообществом фактов, методов исследования, возможностей систем компьютерного моделирования. Рекомендации, доведенные до состояния, пригодного к использованию в практике авиационных НИИ и КБ, основаны на строгом анализе результатов проведенных аналитических расчетов и компьютерных симуляций. Достоверность результатов работы подтверждается согласованностью результатов, полученных в каждом из ее разделов, сопоставлением их с прошедшими практическую апробацию работами других исследователей, представлением и критическим обсуждением подходов, методов и результатов исследования на профильных научных конференциях. Научную новизну работы составляют представленная и убедительно обоснованная концепция увеличения подъемной силы трёхслойного закрылка посредством системы принудительного сдува пограничного слоя с поверхности его верхней обшивки, техника определения наиболее нагруженных критических зон в предлагаемой конструкции дискретных заполнителей и также комплексная методология определения облика КСС ТНПСВУПС. Практическая ценность работы определяется разработанной структурой и составными элементами процесса проектирования аналогичных авиационных конструкций, которые могут быть эффективно использованы при разработке конкретных прототипов с присущими размерными и иными специфическими характеристиками.

В диссертационной работе изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития авиационной отрасли России. Результаты работы прошли необходимую апробацию и опубликованы в достаточном числе рецензируемых изданий, рекомендуемых ВАК РФ. Тема и содержание диссертации соответствуют п.1 Паспорта научной специальности ВАК РФ 05.02.07 - Разработка методов проектирования и конструирования, математического и программно-алгоритмического обеспечения для выбора оптимального облика и параметров, компоновки и конструктивно-силовой схемы, агрегатов и систем ЛА с учетом особенностей технологии изготовления и отработки, механического и теплового нагружения, характеристик наземного комплекса и неопределенности реализации


проектных решений.

Диссертация на тему «Исследование трехслойных несущих поверхностей авиационных конструкций с возможностью управления пограничным слоем» отвечает требованиям п.п. 9 - 14 ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Колпаков Андрей Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – “Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов”.

Официальный оппонент

Заведующий лабораторией Транспорта,
композиционных материалов и
конструкций ФИЦ "Южный научный
центр РАН", доктор технических наук,
профессор

E-mail: aeroengdstu@list.ru



25.11.2020

Шевцов Сергей Николаевич

Адрес организации: 3440006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, д. 41

Полное наименование предприятия:

Федеральный исследовательский центр

"Южный научный центр Российской академии наук"

Телефон: +7 (863) 250-98-13

Тел/Факс: +7 (863) 250-98-29

E-mail: office@ssc-ras.ru

Подпись С.Н. Шевцова заверяю

Ученый секретарь ЮНЦ РАН, к.б.н.



Н.И. Булышева