

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Куприяновой Янины Алексеевны  
«Методика рационального проектирования конструктивно-технологических  
решений силовых конструкций летательных аппаратов с использованием  
топологической оптимизации», представленной на соискание учёной степени  
кандидата технических наук по специальности 2.5.13 – «Проектирование,  
конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных  
аппаратов»

Существенный прогресс последних лет в развитии беспилотной авиации, связанный с новыми научно-техническими достижениями в области аккумуляции энергии, удалённого управления и создания интеллектуальных систем, миниатюризации и прецизионности используемых механизмов и электронных изделий, определяет постоянно расширяющуюся область её применения. В настоящее время уже сложно представить многие виды деятельности, такие как логистика, аэрофотосъёмка, геологоразведка, без широкого использования в них беспилотной авиации. При этом Россия – самая крупная страна в мире, значительная часть её территории находится в зоне с холодным климатом, с редким населением и значительными расстояниями между населёнными пунктами. Поэтому широкое внедрение беспилотной авиации в различные отрасли народного хозяйства особенно важно для синхронизации экономического и социального развития регионов нашей страны. Её роль в обеспечении обороноспособности нашего государства уже сейчас сложно переоценить, а в будущем она будет становиться всё более значимой. Всё это определяет и крайне широкую номенклатуру беспилотных летательных аппаратов, каждый из которых разрабатывается для решения заранее определённых задач. При этом развитие беспилотной авиации невозможно без комплексного применения современных подходов к разработке, производству и испытаниями летательных аппаратов, учитывающих последние достижения науки и техники, и способствующих снижению себестоимости изделий и повышению их эксплуатационных характеристик. Полученные технологии, подходы и

методики найдут широкое применение и при создании традиционных пилотируемых летательных аппаратов.

Вышеперечисленные положения определяют **актуальность темы диссертационной работы** Куприяновой Янины Алексеевны.

При выполнении работы были использованы современные **методы исследования**: метод конечных элементов в программном комплексе ANSYS Workbench; методы Solid Isotropic Material with Penalization (твёрдого изотропного материала со штрафным параметром) и Level Set (метода функций); итерационный метод на основе математической модели метода заданных форм с использованием характеристик собственных колебаний, полученных с помощью метода конечных элементов; определение физико-механических характеристик натуральных образцов на универсальной испытательной машине УТС-110М-100-0У.

**Научная новизна** работы состоит в том, что в ней:

- усовершенствован метод топологической оптимизации применительно к силовым конструкциям беспилотных летательных аппаратов (разработаны структуры новых конечно-элементных моделей основных агрегатов беспилотных летательных аппаратов, позволяющие повысить точность решения задачи топологической оптимизации для разных расчётных случаев; сформулирован порядок формирования силовой схемы по результатам топологической оптимизации с неизвестными начальными параметрами области проектирования; предложен новый алгоритм постобработки результатов оптимизации с использованием метода аппроксимации функций);

- разработана новая методика рационального проектирования конструктивно-технологических решений силовых конструкций беспилотных летательных аппаратов на основе топологической оптимизации, с использованием технологической проработки конструктивно-технологических решений, ориентированных как на традиционные, так и на аддитивные технологии изготовления;

- исследованы задачи рационального проектирования с учетом жёсткости, прочности и минимума массы следующих конструкций летательных аппаратов: силовых и стыковых шпангоутов беспилотного

летательного аппарата, изготавливаемых штамповкой или литьем; силовой панели, выполненной из стеклопластика, предназначенной для бронирования двери вертолета; крыла беспилотного летательного аппарата, изготавливаемого с использованием аддитивных технологий;

- предложено новое рациональное конструктивно-технологическое решение аэродинамического руля с учётом жёсткости, прочности, аэроупругой устойчивости и минимума массы.

**Практическая значимость** диссертации заключается в реализации предложенной методики при разработке основных силовых конструкций беспилотного летательного аппарата, включая шпангоуты и несущие поверхности. Результаты исследования показали возможность повысить качество процесса проектирования конструкций авиационной техники, что позволяет снизить сроки разработки и материальные затраты. Полученные результаты учтены при создании технологии проектирования оптимизированной формы детали «Поддержка для бронирования дверцы вертолёт» в рамках выполнения опытно-конструкторской работы «Полиэтилен» (2022-2023 гг.) на предприятии АО ЦВМ «Армоком». В ходе исследования были проведены натурные испытания и получен Акт внедрения.

**Можно сделать следующие замечания:**

1. Одним из определяющих параметров, влияющих на применение конкретных традиционных или аддитивных технологий изготовления, является тип производства, с его выбора должен начинаться процесс адаптации полученного в результате топологической оптимизации конструктивно-технологического решения к реальному производству с обязательным учётом имеющегося в наличии технологического оборудования.
2. Важной эксплуатационной характеристикой разрабатываемого летального аппарата является его надёжность (или живучесть, если рассматривать боевые условия), данный параметр необходимо учитывать при поиске конструктивно-технологического решения наряду с жесткостью,


прочностью конструктивных элементов и минимизацией массы летального аппарата.

Однако эти замечания **не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.**

Диссертационная работа Куприяновой Янины Алексеевны имеет научную и практическую ценность и представляется законченным научным исследованием, выполненным на актуальную тему.

Считаю, что представленная работа удовлетворяет критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям и установленным Положением о присуждении учёных степеней, утверждённым Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор, Куприянова Янина Алексеевна, **заслуживает присуждения** учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13 – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

Ведущий конструктор сектора  
конструирования наземных систем  
Филиала АО «НПО Лавочкина» в г. Калуга,  
кандидат технических наук

 А.О. Штокал  
24.09.2022.

Подпись Александра Олеговича Штокала заверяю:

Заместитель главного конструктора  
Филиала АО «НПО Лавочкина» в г. Калуга



 Е.А. Никишкин  
24.09.2022.

Домашний адрес: 248001, РФ, г. Калуга, ул. Плеханова, д. 43, кв. 10

Рабочий телефон: +7 (930) 753-01-15

Личный телефон: +7 (920) 611-87-99

E-mail: [cuauthemoc1@yandex.ru](mailto:cuauthemoc1@yandex.ru)