



Государственный научный центр Российской Федерации  
Федеральное автономное учреждение

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ  
АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
имени профессора Н.Е.Жуковского  
ФАУ «ЦАГИ»**

Жуковского ул., д. 1, г. Жуковский, Московская область, 140180  
тел.: +7 495 556-4303, факс: +7 495 777-6332, www.tsagi.ru  
ОГРН 1225000018803, ИНН 5040177331, КПП 504001001, ОКПО 50205960

14.01.2025 г. № ВП21/20-10-144

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель генерального директора

В.Ю. Гранич

2025 года



### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального автономного учреждения «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского»  
на диссертационную работу Румакиной Алены Владимировны  
«Совершенствование инструментария и процесса организации групповых действий беспилотной и малой авиации», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства

### Актуальность темы исследования

Беспилотная и малая авиация представляют собой быстроразвивающиеся отрасли, связанные с разработкой, изготовлением и эксплуатацией авиационных систем, в том числе в ходе выполнения авиационных работ (оказания услуг). Накопленный опыт применения беспилотных авиационных систем показывает их высокую интеграцию в процессы производства, принятия управленческих решений и др. Основные направления применения беспилотных авиационных систем связаны со сбором и передачей данных, дистанционным мониторингом, проведением авиационной разведки и обеспечением охраны территории и объектов, внесением веществ, аэрологистикой, работой по обеспечению связью, визуальными инсталляциями, тушением пожаров, проведением аварийно-спасательных работ и др. В будущем допускается возникновение направления «перевозка людей». Базовыми условиями для такого развития событий являются эффективная оптимизация нормативно-правового регулирования, рост интереса

031256

разработчиков и изготовителей к освоению инновационных технологий, готовность к роботизации и перспективной аэромобильности.

В этой связи диссертация Румакиной А.В., посвящённая исследованию задач совершенствования инструментария и процесса организации групповых действий ЛА беспилотной и малой авиации, и направленная на повышение результативности таких действий за счёт организации процесса, выбора оптимального числа ЛА и дисциплин обслуживания потока заявок в различных режимах нагрузки системы, является актуальной.

Выбранная автором тема исследования и решаемая научная задача также являются своевременными актуальными в условиях реализации целого ряда вопросов и механизмов развития малой и региональной авиации, которые рассматриваются в Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года, государственной программе «Развитие авиационной промышленности на 2013–2025 годы», Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года.

### **Оценка структуры и содержания работы**

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы (115 наименований), приложения, содержит 46 рисунков, 57 таблиц. Общий объём диссертации составляет 148 страниц.

Содержание и структура диссертации находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной задаче исследования, что подтверждается наличием последовательного плана исследования.

Выдвигаемые соискателем теоретические и методологические положения, а также сформулированные в диссертации выводы и предложения, как и результаты исследования, являются новыми.

**Во введении** изложены актуальность избранной темы и степень её разработанности, определены цель и задачи работы, сформулированы научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методы исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и сведения об апробации результатов.

**В первой главе** проанализированы подходы к проблеме организации управления групповыми полётами летательных аппаратов. Показано, что мало внимания уделяется многокритериальной оценке качества этих действий. Показано, что теория массового обслуживания, позволяет оценить и время обслуживания, и вероятности простоя и отказа в обслуживании, но при этом не анализируются затраты, которые требуется минимизировать. Отмечено, что

обслуживание случайного потока заявок в авиации в режиме «воздушного такси» является малоизученным.

В результате сделан вывод о необходимости разработки новых методов и подходов к организации производства и управления групповыми действиями беспилотной и малой авиации.

**Во второй главе** изложена концепция организации групповых действий беспилотной и малой авиации и методика оценки её качества. Предложен критерий нормированной мультипликативной формы оценки качества в виде одного числа, более чувствительный к значительным изменениям влияющих факторов, и учитывающий штрафные функции. Получены формулы назначения динамических приоритетов избытке заявок на обслуживание, либо приоритетов для самих ЛА. Разработан алгоритм оперативного планирования групповыми действиями свободных и занятых ЛА.

**В третьей главе** представлены методики организации производства и управления, сравнение предложенного подхода с известными, использующими аддитивную свёртку оценки качества. Приведено описание программы компьютерного моделирования случайного потока заявок для разных дисциплин обслуживания. Представлены результирующие графики качества обслуживания.

**В четвёртой главе** показана апробация разработанного инструментария на нескольких примерах применения беспилотных и малых ЛА для достижения максимума качества групповых действий с учётом интенсивности возникновения заявок на обслуживание, среднего расстояния между перелётами, известной скорости полёта, а также неодинаковой значимости экономичности и скорости обслуживания.

**В заключении** представлены итоги выполненного исследования, рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

**В приложении** приведены акты внедрения результатов работы.

### **Новизна полученных результатов**

Диссертация содержит новые научные результаты в области управления качеством продукции, стандартизации и организации производства в части разработки:

1) концепции организации и управления групповым действием беспилотной и малой авиации, обеспечивающей улучшение результативности процесса, отличающейся комплексным учётом параметров и включающей отдельные методики;

2) методики организации производства и управления качеством процесса групповых действий малой и беспилотной авиации, отличающейся возможностью выбора оптимального количества ЛА в одном вылете, а также реализацией выбора дисциплины обслуживания в зависимости от загрузки сети;

3) методики оценки качества процесса групповых действий беспилотной и малой авиации, отличающейся одновременным комплексным учётом различных показателей качества, учитывающих специфику беспилотной и малой авиации.

### **Практическая значимость результатов работы**

Практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в следующем:

1) реализована концепция и инструментарий совершенствования качества процесса организации и управления групповыми действиями малой и беспилотной авиации за счёт выбора оптимального числа летательных аппаратов и дисциплин обслуживания потока заявок.

2) разработан комплекс научно-прикладных решений, обеспечивающих повышение качества процесса организации и управления групповыми действиями малой и беспилотной авиации,

3) предложена информационная система компьютерного моделирования групповых действий, позволяющая получать количественные значения для оценки качества групповых действий (времени перелётов, простоя, ожидания заявок в очереди на обслуживание, эксплуатационные затраты).

В рамках практической реализации результатов работы в Филиале ПАО «Яковлев» – Центр комплексирования автором разработаны:

– метод оценки снижения риска при взлёте и посадке в сложных условиях с учётом использования на борту системы автоматического контроля безопасности и предупреждения экипажа об устранении возникающих угроз;

– способ получения общей оценки в мультипликативной форме качества обслуживания авиацией при их перелётах в режиме «воздушного такси».

Эти результаты позволили получить количественные оценки в унифицированной безразмерной форме как при определении коэффициента безопасности полёта, так и при совместном дополнительном учёте его экономичности. Предложенный подход обеспечивает ожидаемый положительный эффект от внедрения бортовой автоматизированной системы контроля безопасности полёта до 10–15%.

В рамках практической реализации результатов диссертационной работы в АО «Авиакомпания «Баргузин» внедрена методика организации групповых действий малой авиации, позволяющая определить рациональное количество летательных аппаратов в одном вылете при выполнении транспортно-связных, санитарных, лесоавиационных работ, а также при патрулировании, мониторинге местности и аэрофотосъёмке. Применение данной методики позволяет сократить количество задействованных вертолётов на 15–20%. Использование при организации различных работ не только свободных летательных аппаратов, но и занятых, завершающих полётное задание вблизи новых заявок, позволяет сократить не только общее время выполнения работ, но и длину общего маршрута задействованных вертолётов. При этом с экономической точки зрения расходы сокращаются на 12%.

### **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций**

Автором корректно и обосновано поставлена цель, и сформулированы задачи исследования. Методология научного исследования соответствует теме диссертации, объекту и предмету исследования. Теоретические исследования основаны на работах, получивших признание в области управления качеством продукции, стандартизации и организации производства. Исследования проводились с использованием методов теории массового обслуживания, теории оптимального управления и параметрической оптимизации, методов штрафных функций в теории статистических решений. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются обоснованными.

Достоверность полученных результатов обусловлена использованием фундаментальных теоретических положений, адекватностью разработанных математических моделей реальным процессам, экспериментальным подтверждением разработанных методик в производственной практике. Достоверность полученных результатов также подтверждена результатами программного моделирования, содержащего различные математические модели (движения ЛА, появления новых заявок в случайный момент времени в случайной точке на местности и др.), актами о внедрении, содержащими положительные результаты практической реализации разработанных методик.

## **Соответствие автореферата диссертационной работе**

Автореферат диссертации в полной мере отражает содержание диссертационной работы и раскрывает основные положения проведённого исследования и полученные результаты.

## **Соответствие содержания диссертации заявленной специальности**

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства в части: п. 1. Методы анализа, синтеза и оптимизации, математические и информационные модели состояния и динамики процессов управления качеством и организации производства; п. 9. Разработка и совершенствование научных инструментов оценки, мониторинга и прогнозирования качества продукции и процессов; п. 23. Разработка и совершенствование методов и средств планирования и управления производственными процессами и их результатами.

## **Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов, приведённых в диссертации**

Разработанное Румакиной А.В. научно-методическое обеспечение процессов управления качеством и эффективностью групповых действий беспилотной и малой авиации предоставляет профильным специалистам результативный инструмент для обеспечения организации процесса выбора оптимального числа летательных аппаратов и дисциплин обслуживания потока заявок в различных режимах нагрузки системы.

Научные и практические результаты диссертационного исследования рекомендуются для применения предприятиям-разработчикам и эксплуатантам беспилотных авиационных систем и малой авиации при решении задач повышения эффективности и качества процесса управления групповыми действиями летательных аппаратов, к которым предъявляются высокие требования по показателям эксплуатационных затрат, скорости обслуживания заявок и безопасности групповых действий в полёте.

С учётом перспективы массового применения беспилотных авиационных систем диссертационное исследование Румакиной А.В. может быть направлено на формирование новых подходов к организации воздушного движения и существенное расширение применения цифровых платформ и инструментов по организации допуска, контроля и навигации беспилотных авиационных систем в едином воздушном пространстве Российской Федерации.

### Замечания по диссертационной работе

1. Во второй главе диссертации разработана методика оценки качества групповых действий с помощью мультипликативной формы и выбраны дисциплины приоритетного обслуживания заявок при их целераспределении между ЛА. Однако не совсем понятно, почему именно предложенный вариант мультипликативной формы критерия качества «обеспечивает удачный компромисс в оценках в отличие от чисто аддитивной формы, и также от чисто мультипликативной в виде произведения отдельных показателей качества».

2. При сравнительной оценке эффективности мультипликативной формы критерия качества групповых действий беспилотной авиации недостаточно подробно выполнен анализ эксплуатационных затрат в части их структуры и величины. Указаны только «относительно малые затраты топлива».

3. Недостаточное внимание уделено анализу зарубежных работ по рассматриваемой тематике.

Приведённые замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

## Заключение

Диссертационная работа «Совершенствование инструментария и процесса организации групповых действий беспилотной и малой авиации» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне. Результатом работы является решение важной задачи актуального направления в области управления качеством продукции, стандартизации и организации производства. Полученные результаты можно классифицировать как новые, обоснованные и имеющие практическое и научное значение.

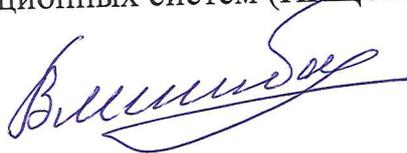
Диссертация в полной мере отвечает требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор Румакина Алена Владимировна заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства.

Диссертация Румакиной Алены Владимировны «Совершенствование инструментария и процесса организации групповых действий беспилотной и малой авиации» рассмотрена и обсуждена, а отзыв утверждён на заседании НТС НИЦ БАС, ЦАГИ 13 января 2025.

Присутствовали на заседании 10 чел.

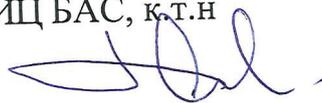
Результаты голосования: «за» – 10, «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Директор научно-исследовательского центра  
беспилотных авиационных систем (НИЦ БАС),  
к.т.н., с.н.с.



В.М. Шибает

Заместитель директора НИЦ БАС, к.т.н



Д.В. Аполлонов

Федеральное автономное учреждение «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского»  
140180 Россия, г. Жуковский, Московская область, ул. Жуковского, д. 1  
+7 (495) 556-43-03  
info@tsagi.ru  
<https://www.tsagi.ru>