

## ОТЗЫВ

официального оппонента Спрыскова Владимира Борисовича на диссертационную работу Обухова Юрия Владимировича на тему «Имитационные модели, алгоритмы и программы для анализа безопасности полетов в системе управления воздушным движением», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

### 1. Актуальность темы диссертации

Безопасность полетов является одним из главных приоритетов развития гражданской авиации. Самой приоритетной задачей при развитии гражданской авиации является обеспечение безопасности выполнения полетов. Так как устранить факторы, влияющие на нее, невозможно, то любые изменения в системе организации воздушного исследования должны сопровождаться оценкой рисков безопасности полетов.

В текущий момент данные исследования проводятся посредством экспертных оценок при участии специалистов в области обслуживания воздушного движения и эксплуатации радиотехнического оборудования и связи. Основным инструментом в таких исследованиях являются аналитические модели риска опасных событий, которые позволяют получить обобщенные, количественно-качественные оценки уровня безопасности полетов. Несмотря на свою распространенность в нашей стране и за рубежом, данный подход обладает недостатками, которые свойственны всем аналитическим моделям: большое количество допущение, большой объем статистических данных, требуемых для определения параметров.

Применение имитационного моделирования для оценки безопасности полетов в нашей стране не так популярно, несмотря на его актуальность в условиях постоянного роста интенсивности. Данный подход позволяет с достаточной степенью правдоподобности моделировать процессы, происходящие в системе, получать большой объем данных для анализа, а также создавать неограниченное количество новых сценариев и учитывать новые факторы, влияющие на безопасность полетов.

Диссертационная работа Ю. В. Обухова посвящена актуальной теме создания имитационных моделей, а также разработке алгоритмов и методов, позволяющих оценивать уровень безопасности полетов.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ  
Вх. № 5  
«10» 02 2020

## 2. Структура и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений. Работа отлично структурирована.

Во введении описывается актуальность темы диссертации, формулируются цели и задачи исследования, практическая значимость работы.

В первой главе диссертации описываются существующие методы оценки безопасности полетов, как аналитические модели оценки риска опасных событий, так и имитационные модели. Приводится детальное сравнение данных подходов. На основе приведенного анализа, формулируются техническая и математическая постановка задачи оценки уровня безопасности полетов с применением имитационного моделирования.

Во второй главе приводится описание разработанных методов и алгоритмов, на которых основаны имитационное моделирование управляемого воздушного движения и статистическое имитационное моделирование, предназначенное для получения условных вероятностей опасных событий, возникающих из-за влияния различных случайных факторов. В данной главе также детально рассматриваются влияющие на безопасность полетов факторы, как случайные, так и детерминированные.

В третьей главе приводится основное описание предложенного соискателем решения, заключающееся в имитационной модели управляемого воздушного движения в секторе верхнего воздушного пространства. При описании модели приводятся алгоритмы имитации основных процессов: полет потока воздушных судов, работа диспетчерской позиции, работа различных подсистем и случайные факторы, влияющие прямым или косвенным образом на безопасность полетов. Помимо этого, в главе приводятся элементы пользовательского интерфейса программного средства, в составе которого была реализована модель.

В четвертой главе и в приложениях приводятся результаты исследований по оценке БП в перспективной структуре Московского районного диспетчерского центра, в числе которых расчет временной загруженности диспетчерских позиций и условных вероятностей нарушений минимумов эшелонирования, происходящих в результате отказов систем связи и наблюдения. Приведенные результаты используются для расчета и обоснования уровня безопасности полетов для секторов обслуживания воздушного движения Московской воздушной зоны.

В заключении сделаны выводы по результатам диссертационного исследования.

### **3. Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов диссертации**

При разработке используемых методов применяются метод Монте-Карло и методы имитационного моделирования, апробированные в исследованиях.

Имитация работы диспетчерской позиции была согласована непосредственно с диспетчерами обслуживания воздушного движения (в частности, с диспетчерами из Московского центра автоматизированного управления воздушным движением). Приведены результаты имитационного моделирования, иллюстрирующие эффективность предложенных решений.

Результаты диссертационного исследования докладывались на научно-практических конференциях.

Диссертационное исследование было рассмотрено экспертами в области обслуживания воздушного движения.

### **4. Новизна научных положений и выводов, сформулированных в диссертационной работе**

Новизна предложенных решений заключается в следующем:

1. Приведено обоснование актуальности применения имитационных моделей для анализа безопасности полетов в система управления воздушным движением на основе анализу существующих решений.

2. Разработан подход к анализу безопасности полетов с применением статистического имитационного моделирования управляемого воздушного движения, позволяющий получать показатели, характеризующие уровень безопасности полетов. В процессе разработки были предложены новые алгоритмы и методы для решения подзадач.

3. Предложен состав и структура имитационной модели управляемого воздушного движения в секторе ОВД районного диспетчерского центра. В рамках средства разработаны и реализованы алгоритмы имитирующие операции диспетчера по управлению потоком воздушных судов, а также обнаружение и разрешение конфликтов. Детальная имитация процессов позволяет оценивать временную загруженность диспетчера ОВД и, как следствие, риски безопасности полетов, к которым может привести перегрузка.

4. Все описанные модели и алгоритмы были внедрены в специально разработанное программное средство. В качестве примера проведения анализа безопасности полётов приведены результаты исследований перспективной аэронавигационной структуры воздушного пространства Московского укрупненного районного диспетчерского центра.

## **5. Практическая значимость работы**

Результаты диссертационной работы представляют практический интерес для специалистов по управлению безопасностью полетов в гражданской авиации и по организации воздушного движения. Представленные модели имеют практическое применение как инструмент поддержки принятия решения при модернизации структуры воздушного пространства и системы организации воздушного движения, работы по которой ведутся в России.

В настоящее время ведутся работы по модернизации системы организации воздушного движения России, и применение разработанной автором имитационной модели управляемого воздушного движения представляет интерес при разработке и сравнении различных вариантов аэронавигационной структуры с точки зрения безопасности полетов.

### **Замечания**

1. В первой главе не приводится определение риска для безопасности полетов

2. Во второй главе не обосновывается выбор экспоненциального распределения для моделирования времени входа воздушного судна в воздушное пространство сектора ОВД.

3. При моделировании работы диспетчерской позиции не учитывается фактор возможности ошибок диспетчера при выполнении операций.

### **6. Заключение о соответствии диссертационной работы уставленным требованиям**

Диссертационная работа представляет собой научно-квалификационную работу, выполненную на хорошем техническом уровне. Автор является соавтором 4-х статей в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, в том числе, одна статья в журнале, индексируемом в Web Of Science.

Все выносимые на защиту положения имеют свое отражения в публикациях.

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», в частности пунктам:

п. 1 – «Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений»;

п. 4 – «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента»;

п. 5 – «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента».

Автореферат соответствует содержанию текста диссертации.

Диссертация удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (ред. от 01.10.2018) и удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Обухов Юрий Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

#### **Официальный оппонент**

Доктор технических наук, начальник сектора – главный научный сотрудник Отдела перспективных исследований ЕС ОрВД ФГУП ГосНИИ ГА

Дата: 27.01.2020

**Спрысков Владимир Борисович**

Подпись официального оппонента Спрыскова Владимира Борисовича заверяю:

Ученый секретарь



A handwritten signature in blue ink, likely belonging to the official secretary mentioned in the text.

**И.Б. Губерман**

Полное наименование организации:

Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации».

Адрес организации: 125438, г. Москва, ул. Михалковская, д. 67, корп. 1.

Веб-сайт: [nii.aero.ru](http://nii.aero.ru), e-mail: [info@atminst.ru](mailto:info@atminst.ru) / [gosniiga@gosniiga.ru](mailto:gosniiga@gosniiga.ru)