

УТВЕРЖДАЮ

Исполняющий обязанности

генерального директора

кандидат социологических наук



Максименко А.В.

05 2022 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного унитарного предприятия  
Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации  
на диссертацию Машошина Антона Олеговича  
на тему «Методы и алгоритмы валидации сообщений системы автоматического  
зависимого наблюдения в условиях несанкционированного вмешательства при  
управлении воздушным движением»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.22.13 - Навигация и управление воздушным движением

### Актуальность темы исследования

Необходимость повышения кибербезопасности систем наблюдения за воздушным движением, диктуется множеством факторов:

1. Современные АС УВД, при использовании данных от АЗН-В подвержены несанкционированному вмешательству вследствие открытости протокола 1090ES. В частности, документ ICAO Doc9924 указывает на то, что использование технологии АЗН-В возможно только при проверке сообщений дополнительными системами наблюдения, такими как ВРЛ (вторичная радиолокация) или МПСН (многопозиционная система наблюдения).

2. Современные методы противодействия несанкционированному вмешательству при управлении воздушным движением требуют выработки алгоритмов их применения, а сами методы нуждаются в определении условий их применения.

3. Имеется ряд научно-технических задач по обеспечению достоверности данных АЗН-В в условиях несанкционированного вмешательства при недостаточном количестве наземных станций, необходимых для работы МПСН.

## Оценка структуры и содержания работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и приложения. Полный объем диссертации составляет 171 страницу с 55 рисунками и 5 таблицами. Список литературы содержит 67 наименований.

Во введении дается обоснование актуальности темы диссертации, приводится обзор научной литературы по изучаемой проблеме, формулируется цель, ставятся задачи работы, сформулированы научная новизна и практическая значимость представляемой работы.

В первой главе произведен анализ критичных элементов инфраструктуры автоматизированной системы управления воздушным движением с позиции безопасности полетов. Дана оценка влияния угроз несанкционированного вмешательства на отдельные компоненты автоматизированной системы управления воздушным движением, в частности на систему АЗН-В. Определяются наиболее «узкие» места системы АЗН-В, как компонента АС УВД. Определяются необходимые условия выбора средств противодействия несанкционированному вмешательству и задается основное направление работы. Стоит отметить систематический подход к анализу угроз, примеры их применения и оценку их применения на практике.

Вторая глава диссертации посвящена оценке существующих методов и алгоритмов валидации сообщений системы АЗН и разработке новых методов, позволяющих решить задачу определения истинности сообщений в условиях несанкционированного вмешательства. Производится оценка эффективности математических моделей метода мультилатерации, используемого для обеспечения работы МПСН, а также предлагается новый метод определения истинности сообщений АЗН-В на основе алгоритмов машинного обучения именуемый монолатерацией – его применение позволяет решать поставленную задачу противодействия несанкционированному вмешательству с помощью всего одной наземной станции.

Третья глава посвящена практическому применению методов и алгоритмов валидации сообщений системы АЗН-В. Задача определения местоположения в условиях несанкционированного вмешательства может быть решена с использованием комплексного подхода - с применением простых методов определения аномалий и последующим определением местоположения ВС с помощью гиперболического метода, либо классификацией сообщения методом монолатерации (машинного обучения). Это позволит повысить точность фильтрации и снизить вычислительную нагрузку. Предлагается гибридный алгоритм, включающий в себя как алгоритмы определения истинности с помощью мультилатерации, так и с помощью монолатерации. Предлагается архитектурная реализация гибридного алгоритма за счет применения облачной обработки данных АЗН-В, именуемая «системой анализа и фильтрации сообщений АЗН-В». В основе данной системы предлагается

использование микросервисного подхода для обеспечения работы вычислительного кластера.

В четвертой главе была апробирована система анализа и фильтрации сообщений АЗН-В, реализован натурный эксперимент несанкционированного вмешательства, направленный на оценку эффективности предложенных методов валидации. Для моделирования ситуации несанкционированного вмешательства были рассмотрены два сценария проведения атаки - с использованием реальных данных АЗН-В и при генерации сообщений АЗН. Результаты проведенного эксперимента по классификации сообщений АЗН при несанкционированном вмешательстве позволили составить сравнительную характеристику точности классификации различных алгоритмов машинного обучения по разным типам атак. Были выбраны наиболее эффективные алгоритмы классификации – метод К-ближайших соседей и градиентный бустинг. Так, вероятность корректной классификации сообщений АЗН-В методом монолатерации, основанном на данных алгоритмах, составила от 0.9165 до 0.9994.

В целом, работа оформлена аккуратно, наблюдается логика в последовательности изложения результатов исследования, текст написан научным языком.

#### **Соответствие содержания диссертации заявленной специальности**

Тема и содержание диссертационной работы в полной мере соответствуют специальности 05.22.13 - «Навигация и управление воздушным движением», отрасль наук - технические науки. Работа соответствует пунктам раздела «Области исследований» паспорта специальности: 16 - «Разработка методов совершенствования использования средств радиосвязи, навигации и наблюдения для решения задач УВД».

#### **Соответствие автореферата основному содержанию диссертации**

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации, содержит основные положения работы и выводы.

#### **Новизна исследования и полученных результатов**

Научная новизна работы состоит в том, что в ней:

- предложен метод монолатерации для валидации сообщений автоматического зависимого наблюдения при различных типах несанкционированного вмешательства на управление воздушным движением;
- разработан алгоритм выбора методов валидации сообщений автоматического зависимого наблюдения;
- разработана и апробирована система анализа и фильтрации сообщений автоматического зависимого наблюдения.

## **Личное участие соискателя в получении результатов диссертации**

Автором была сформулирована актуальная научно-техническая задача, проведена ее декомпозиция и определен комплекс частных задач, требующих решения. Автором лично:

- разработана модель угроз АЗН-В в соответствии со стратегией ИКАО на основе модели угроз ФСТЭК (Федеральная служба по техническому и экспортному контролю);
- проведено исследование метода мультилатерации с использованием необходимого и избыточного количества приемных станций;
- предложен и разработан метод монолатерации, основанный на методах машинного обучения, обеспечивающий решение задачи валидации сообщений АЗН-В при наличии только одной наземной станции;
- разработан гибридный алгоритм, основанный на использовании мульти- и монолатерации;
- разработана и апробирована система анализа и фильтрации сообщений АЗН-В;
- проведен натурный эксперимент несанкционированного вмешательства в систему АЗН-В;
- исследована эффективность методов мультилатерации и монолатерации при наличии несанкционированного вмешательства на управление воздушным движением.

## **Степень достоверности результатов исследования**

Степень достоверности результатов проведенных исследований подтверждается:

1. Адекватной постановкой цели и задач исследования.
2. Корректным использованием известных методов исследования, математического аппарата и теоретических положений.
3. Сравнительным анализом результатов моделирования и экспериментальными исследованиями характеристик разработанной системы анализа и фильтрации сообщений АЗН-В в условиях влияния несанкционированного вмешательства.

## **Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки**

Результаты диссертационной работы позволяют:

- решать задачу управления воздушным движением в условиях несанкционированного вмешательства на управление воздушным движением при условии наличия нескольких наземных станций с помощью метода мультилатерации;

– решать задачу верификации сообщений АЗН-В при УВД в условиях несанкционированного вмешательства на управление воздушным движением при условии наличия только одной наземной станции с помощью разработанного метода монолатерации, основанного на методах машинного обучения.

### **Научная и практическая ценность полученных автором диссертации результатов**

Наиболее перспективным для дальнейшего научного развития и прикладного использования является:

– использование методов машинного обучения при обработке и анализе данных АЗН-В;

– гибридный метод корректного решения задачи верификации сообщений АЗН-В при УВД в условиях несанкционированного вмешательства в систему АЗН-В;

– архитектура системы анализа и фильтрации сообщений АЗН-В, в которой применен гибридный алгоритм, основанный на использовании методов мульти- и монолатерации.

### **Замечания по диссертационной работе**

Отмечая достаточно высокий уровень работы и глубокую проработку темы, следует отметить некоторые отдельные недостатки:

1. Необходима оценка влияния погодных условий на точность классификации сообщений АЗН-В

2. Требуется дополнительная проработка метода монолатерации при использовании наземных станций, оборудованных узконаправленными антеннами

3. В работе недостаточно внимания уделено процедурам применения разработанной системы анализа и фильтрации сообщений АЗН-В.

### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Содержание диссертации обладает внутренним единством, содержит выносимые для публичной защиты обоснованные научные результаты и положения, обладающие новизной, практической и теоретической значимостью. Полученные результаты свидетельствуют о конкретном научном и личном вкладе Машошина А.О. в развитие области исследования.

Согласно требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 и п. 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, в диссертации не содержится заимствований материала без ссылок на авторов и источники заимствования.

Диссертация Машошина Антона Олеговича на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует п. 9 Положения о присуждении

ученых степеней и представляет собой законченную научно квалификационную работу, результатом которой являются разработанные методы и алгоритмы валидации сообщений системы автоматического зависимого наблюдения в условиях несанкционированного вмешательства при управлении воздушным движением, имеющие существенное значение для развития гражданской авиации и транспортной отрасли страны в целом.

Автор диссертационной работы заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 05.22.13 - Навигация и управление воздушным движением. Диссертация и отзыв на диссертационную работу Машошина А.О. обсужден и одобрен на расширенном заседании отделов (Протокол №1 от 29.04.2022 г.):

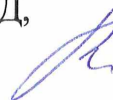
Отдел перспективных средств ЕС ОрВД (Отдел № 325),

Начальник отдела, к.т.н.  
«29» апреля 2022



И.В. Алипов

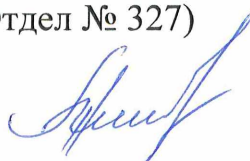
Начальник сектора - главный научный сотрудник,  
отдела перспективных средств единой систем ОрВД,  
д.т.н.  
«29» апреля 2022



В.Б. Спрысков

Отдел автоматизированных систем УВД (Отдел № 327)

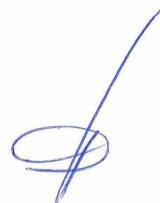
Начальник отдела  
«29» апреля 2022



А.А. Примаков

Отдел перспективных технологий (Отдел № 321)

Начальник отдела, к.т.н.  
«29» апреля 2022



И.Б. Губерман

Федеральное государственное унитарное предприятие Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации Федеральное агентство воздушного транспорта Почтовый адрес: 125438, г. Москва, Михалковская ул., д. 67, к.1.  
Тел. +7(495) 450 26 15; E-mail: gosniiga@gosniiga.ru