

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО «Московский  
авиационный институт  
(национальный исследовательский  
университет)»,  
доктор технических наук, профессор



Ю.А. Равикович

2018 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» – на диссертационную работу Кулакова Михаила Сергеевича «Разработка принципов организации мобильных сетевых структур в авионике», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

#### Актуальность работы

В связи с постоянным ростом числа летательных аппаратов и с активным развитием беспилотной авиации, в дополнение к традиционным средствам контроля и управления воздушным движением – радиолокации, радиопеленгации и голосовой радиосвязи, приходят новые технологии, такие как «автоматическое зависимое наблюдение вещательное» (АЗН-В). Летательные аппараты, оборудованные приёмопередатчиками стандартов, реализующих технологию АЗН-В, периодически обмениваются сообщениями о местоположении и намерениях, тем самым обеспечивая взаимное наблюдение на земле и в воздухе.

На сегодняшний день существует проблема наблюдения воздушных судов в отдаленных и океанических регионах из-за слабого покрытия данных территорий инфраструктурой управления воздушным движением.

Вход. № 38/17  
« 07 » 03 2018  
подпись

В работе предложен альтернативный спутниковой связи метод повышения ситуационной осведомлённости систем управления воздушным движением в отдалённых и океанических регионах, основывающийся на технологии мобильных самоорганизующихся Ad Hoc сетей. В качестве стандарта авиационной связи для создания на его основе самоорганизующейся сети предложен международный стандарт VDL Mode 4. При этом особое внимание в работе уделено проблемам низкой связности сети в отдалённых и океанических регионах, а также невысокой пропускной способности приёмопередатчиков VDL Mode 4.

Предложенный метод повышения ситуационной осведомленности, использующий технологии мобильных самоорганизующихся сетей, имеет перспективу для решения множества прикладных задач в авионике, что говорит об актуальности диссертационной работы.

### Научная новизна

1. Впервые предложен метод повышения ситуационной осведомленности систем УВД в отдалённых и океанических регионах, основывающийся на применении алгоритмов маршрутизации самоорганизующихся сетей для стандарта авиационной связи VDL Mode 4.

2. Автором разработан протокол маршрутизации самоорганизующейся телекоммуникационной сети, функционирующей на основе авиационного стандарта связи. Протокол обеспечивает передачу данных в условиях низкой связности сети и низкой пропускной способности каналов связи, что подтверждается проведенным компьютерным моделированием. Достоинствами разработанного протокола являются: простота реализации, маршрутизация сообщений без наличия информации о связях в сети, а также функционирование на любом транспортном средстве, оборудованном приёмопередатчиком VDL Mode 4.

3. Автором разработана дискретно-временная имитационная модель самоорганизующейся телекоммуникационной сети, построенной между участниками воздушного движения, а также пунктами УВД. Кроме особенностей протокола маршрутизации, модель учитывает характер движения сетевых узлов и ослабление сигнала. Модульная структура разработанной автором модели подробно отражает функциональную модель стандарта VDL Mode 4.

### Значимость полученных автором результатов

Диссертация, как научно-квалификационная работа, содержит новые научно обоснованные решения для создания мобильной

самоорганизующейся сети связи между участниками воздушного движения, что имеет важное значение системы организации воздушного движения РФ, организаций и предприятий, занимающихся разработкой, внедрением и эксплуатацией средств авиационной связи и авионикой в частности.

Значимость полученных в диссертации результатов для авиационной отрасли состоит в том, что они дают возможность повысить безопасность воздушного движения за счёт передачи данных АЗН-В от участников воздушного движения, находящихся за пределами прямой видимости систем УВД. Также это актуально для беспилотных воздушных судов, которые из-за малой высоты полёта и ограниченного энергетического ресурса имеют сравнительно небольшую дальность радиосвязи.

Использование результатов проведенного имитационного моделирования, показало, что существует возможность сократить количество БС стандарта VDL Mode 4 в отдаленных и океанических регионах на этапе планирования их размещения, а также планировать маршруты полётов с учётом связности сети для обеспечения приёма сообщений АЗН-В от участников движения, находящихся за пределами прямой видимости.

Теоретическая значимость диссертационной работы для отрасли технических наук, связанной с изучением динамических телекоммуникационных сетей, заключается в разработке и исследовании автором модели мобильной самоорганизующейся сети, функционирующей на основе авиационного стандарта связи и построенной между участниками воздушного движения и пунктами наблюдения в отдаленных и океанических регионах.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в разработке автором алгоритмов и структур данных, необходимых для функционирования канального уровня приёмопередатчиков стандарта VDL Mode 4, которые могут быть использованы при разработке аппаратуры.

Практическая ценность диссертации также подтверждается использованием её результатов в ряде НИР, выполненных ФГУП «ГосНИИАС» (г. Москва), о чём свидетельствует соответствующий акт использования.

#### Рекомендации по использованию результатов и выводов

1. Внедрение предложенного метода повышения ситуационной осведомленности в дополнение к существующим методам наблюдения участников воздушного движения в отдаленных и океанических регионах РФ;

2. Для организаций, занимающихся разработкой и внедрением авионики, в частности систем и устройств авиационной связи, рассмотреть возможность создания опытных образцов приёмопередатчика VDL Mode 4, с целью принятия решения о серийном выпуске аппаратуры стандарта VDL Mode 4 с предложенными автором расширенными функциями и разработанными алгоритмами канального уровня;
3. Для организаций, занимающихся проектированием и разработкой летательных аппаратов, в том числе беспилотных воздушных судов, рекомендовать включить в перечень, устанавливаемых на новые модели летательных аппаратов, средств связи приёмопередатчики VDL Mode 4, поддерживающие предложенные в диссертации протоколы маршрутизации сообщений АЗН-В.

#### **Степень достоверности и апробация результатов**

Обоснованность научных положений и полученных результатов исследования подтверждается:

1. соответствующим применением математических методов, правильностью постановки решаемых задач, а также используемых допущений и ограничений;
2. соответствием применяемых моделей физическим процессам в самоорганизующихся телекоммуникационных сетях, средствами имитационного моделирования.

Уровень апробации и обсуждения результатов диссертационной работы на всероссийских и международных конференциях представляется достаточным.

#### **Публикация основных результатов диссертации и личный вклад соискателя**

Изучение публикаций соискателя показало, что в них отражены основные результаты диссертационного исследования. По теме диссертации всего опубликовано 13 печатных работ, из них 4 - в рецензируемых периодических изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России. Материалы диссертации были доложены на 9 всероссийских и международных научно-технических и научно-практических конференциях, которые затрагивали темы динамических сетей связи, радиодоступа и авиационной связи. Наличие в списке трудов работ без соавторства позволяет сделать вывод о том, что основные результаты по теме диссертации получены автором лично.

## Общая оценка содержания диссертации

Работа изложена на 186 страницах текста и состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и трёх приложений. Стиль изложения научно-доказательный.

В первой главе рассмотрена технология «автоматического зависимого наблюдения», в частности АЗН-В. Анализируется существующая классификация протоколов мобильных самоорганизующихся сетей и особенности протоколов для маршрутизации данных между транспортными средствами. Проводится сравнение стандартов VDL Mode 4 и 1090ES на предмет возможности реализации на их основе мобильной самоорганизующейся сети.

Во второй главе исследуется возможность развертывания мобильной самоорганизующейся сети в отдаленных и океанических регионах между участниками воздушного движения. На основе полученных результатов теоретических расчётов и компьютерного моделирования, произведена оценка периода времени получения сообщений базовыми станциями для разных сценариев, при наличии самоорганизующейся сети и её отсутствии.

В третьей главе рассмотрена функциональная модель стандарта VDL Mode 4 и приведено соответствие ей разработанной компьютерной модели мобильной самоорганизующейся сети, с подробным описанием принципов функционирования модели и выбранных средств для её разработки.

В четвертой главе предложен протокол маршрутизации для узлов мобильной самоорганизующейся сети, функционирующей на базе стандарта VDL Mode 4, основывающийся на «жадном» алгоритме выбора маршрутизаторов. Дано описание разработанных алгоритмов обработки сетевых сообщений узлами.

В пятой главе исследуются показатели производительности сети, полученные имитационным моделированием, при варьировании предложенных численных параметров: диапазон поиска временного слота, период вещания сетевых сообщений базовой станцией и период хранения записей в таблице маршрутизации.

Диссертация является целостным научным трудом, обладающим внутренним единством и выполненным на актуальную тему. Представленный в ней материал в целом является теоретическим исследованием по разработке и развитию прикладных методов повышения эффективности работы систем управления воздушным движением на основе технологий АЗН-В и мобильных самоорганизующихся сетей. Полученные результаты позволяют решать такую важную проблему, как передача данных о местоположении и намерениях участников воздушного движения,

находящихся за пределами прямого наблюдения наземными пунктами. Научные и практические результаты, полученные соискателем в процессе выполнения работы, полезны для применения в НИР и ОКР, проводимых в НИИ, разработки динамических сетей связи, и имеют практическую ценность для решения важных прикладных задач беспроводных сетей связи и теории информационного обмена.

В диссертации приведены все необходимые ссылки на авторов и источники заимствования, в том числе на научные работы соискателя. Признаков плагиата и недобросовестного цитирования не обнаружено.

Тема и содержание диссертации соответствуют областям исследования научной специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций» в части пунктов (разделов) паспорта специальности 3, 11 и 14.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации, включает постановку главных задач, решаемых в диссертации, основные результаты и выводы, а также описание логических выводов, составляющих основу доказательной базы диссертации. Приведенные в автореферате ссылки на печатные работы автора корректны.

#### Замечания

1. В диссертационной работе по вопросам технической реализации приёмопередатчиков VDL Mode 4 с функциями маршрутизации сообщений АЗН-В не нашли отражения моменты, связанные с экономико-конструктивными особенностями. Поэтому представляется трудным оценить необходимые затраты, которые потребуются при внедрении предлагаемого автором метода повышения ситуационной осведомленности в отдаленных и океанических регионах;
2. При сравнении стандартов, реализующих технологию АЗН-В, для стандарта 1090ES рассмотрено сравнительно меньше особенностей функционирования, чем для стандарта VDL Mode 4;
3. В работе не рассмотрены особенности и проблемы применения для стандарта VDL Mode 4 известных топологических протоколов маршрутизации мобильных самоорганизующихся сетей;
4. При теоретических расчётах связности сети предполагалось, что расположение узлов подчиняется закону Пуассона, то есть считалось, что взаимное влияние отдельных моментов в потоках

отсутствует. На практике такое приближение не всегда имеет место для воздушного движения.

Перечисленные выше замечания не снижают положительной оценки представленной работы, а также не влияют на новизну и значимость полученных в работе научных и практических результатов.

#### Заключение

На основании вышеизложенного ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» заключает, что представленная диссертация Кулакова Михаила Сергеевича отвечает критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней на соответствие ученой степени кандидата наук, соответствует отрасли технических наук и научной специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций», а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по этой специальности.

Отзыв подготовлен заведующим кафедрой 402 «Радиосистемы и комплексы управления, передачи информации и информационная безопасность» МАИ, кандидатом технических наук, профессором Мазепой Романом Богдановичем.

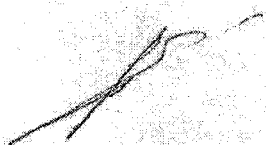
Отзыв заслушан, обсужден и одобрен на заседании кафедры 402 МАИ от 15.02.2018 года протокол №2/2018.

Заведующий кафедрой 402 МАИ,

к.т.н., профессор,

тел.: +7 (499)158-25-18

эл. почта: mrb402@mai.ru



Мазепа Роман Богданович

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ, Московский авиационный институт)

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

Тел.: +7(499)158-43-33

Эл. почта: mai@mai.ru