Министерство науки и высшего образования Российской Федерации ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ПОЖАРНОЙ, ПРОМЫШЛЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

$EE3O\Pi ACHOCT B$ $EE3O\Pi ACHOC BEPE$

Сборник статей

Выпуск 14





Ижевск 2021 УДК 351.86(063) ББК 68.9я43 Б 40

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УдГУ

Научный редактор: д.т.н., проф. В. М. Колодкин

Председатель организационного комитета:

Президент меджународной ассоциации специалистов пожарной, промышленной и экологической безопасности, доктор технических наук, профессор А. Б. Сивенков

Б 40 **Безопасность в техносфере**: сборник статей / науч. ред. В. М. Колодкин. – Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2021. – 106 с.

ISBN 978-5-4312-0910-9

Данный сборник, в основном, соответствует материалам, представленным на XIV Международной конференции «Безопасность в техносфере». Главная тема конференции — Цифровая трансформация систем обеспечения безопасности.

Рассмотрены вопросы интеграции цифровых систем, таких как системы пожарно-охранной сигнализации, системы контроля и управления доступом, системы охранного телевидения и т.д.

Выделен раздел по технологии распределенного реестра. Интерес к этой технологии обусловлен поиском области применения технологии распределенного реестра к проблемам обеспечения безопасности.

В статьях раскрываются принципы организации цифровых систем, вопросы создания математического, алгоритмического и программного обеспечения. Содержание статей дает системное представление о современных проблемах безопасности в техносфере, в том числе, — пожарной безопасности, и способах их решения.

ISBN 978-5-4312-0910-9 УДК 351.86(063) ББК 68.9я43

- © Меджународная ассоциация специалистов пожарной, промышленной и экологической безопасности, 2021
- © ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

А.Б. Сивенков	
О создании международной ассоциации специалистов	
пожарной, промышленной и экологической безопасно-	
сти	5
I Цифровая транформация систем обеспечения без-	
опасности	12
B.M. Колодкин, $C.M.$ Копелев	
Направления модернизации технических средств системы обеспечения безопасности общественных зданий	13
А.О. Степанов	
Покрытие сложного площадного маршрута беспилотным воздушным судном	17
$A.H.\ A$ лек c ан d рович	
Концептуальное использование технологий промыш-	
ленного Интернета Вещей для оценки рисков на пред-	กา
приятиях	23
Б.В. Чирков, Д.Н. Чернов Создание цифровой модели здания в Inkscape	32
Создание цифровой модели здания в шквсаре	3∠
А.д. <i>Шикиров</i> Система сбора данных с аналоговых узлов через линию	
питания постоянного тока	37
II Техносферная безопасность	46
С.М. Копелев	
Применение домофонных систем для оповещения и	
информирования населения	47
В.М. Колодкин, А.В. Радикова	
Оценка последствий террористического акта на объек-	
те топливно-энергетического комплекса	57
Д.М. Варламова, М.Э. Галиуллин	
Веб-приложение по расчету категорий помещений по	
пожарной опасности	65
А.В. Михайлова, Б.В. Чирков	
Разработка комплекса программ для автоматизации	
работы с CFAST	69
О.А. Мокроусова, А.Ю. Моисеенко	
Требования пожарной безопасности при проектирова-	
нии и строительстве высотных зданий	75
Д.Т. Хынг, А.Я. Васин, А.Н. Шушпанов, Г.Г. Гаджиев	0.0
Термическое разложение теризидона	80

III Технологии распределенного реестра в обеспече-	
нии безопасности	87
И.А. Берман, В.Н. Манаенко, С.Н. Лоншаков, А.А. Капи-	
тонов	
Мониторинг окружающей среды с помощью датчиков	
автономных морских судов и технологии распределен-	
ного реестра	88
Д.В. Варламов, М.Э. Галиуллин, П.Г. Огородников,	
E.B. $Uupkob$	
Токенизация активов в публичном блокчейне на	
примере баллов лояльности	99

УДК 614.8

О СОЗДАНИИ МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПОЖАРНОЙ, ПРОМЫШЛЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А.Б. Сивенков

Международная ассоциация специалистов пожарной, промышленной и экологической безопасности, 125047, г. Москва, vл. 3-я Тверская-Ямская, д.10

e-mail: sivenkov01@mail.ru

Представлена информация о создании Международной ассоциации специалистов пожарной, промышленной и экологической безопасности. Основным направлением деятельности Ассоциации является связь передовых научных технологий с решением практических задач по обеспечению пожарной, промышленной и экологической безопасности. Членами Ассоциации являются российские и зарубежные научно-образовательные и промышленные учреждения, а также ведущие ученые и специалисты. В состав Ассоциации по основным направлениям ее деятельности в настоящее время входит более 40 докторов наук из России, Белоруссии, Казахстана и других стран мира. Ассоциация принимает активной участие в общественной и благотворительной работе.

Ключевые слова: международная ассоциация специалистов пожарной, промышленной и экологической безопасности, пожарная безопасность, промышленная безопасность, экологическая безопасность, пожар, авария, чрезвычайная ситуация

Научно-технический прогресс XX века, который был ознаменован бурным развитием фактически всех отраслей народного хозяйства и промышленности, неминуемо привел к появлению необратимых изменений в окружающей среде и новых техногенных угроз для всего человечества. Наиболее резонансными в мире являются ситуации, связанные с ухудшением экологии, промышленными авариями, природными пожарами, а также возникновением иных чрезвычайных ситуаций (ЧС), приводящих к катастрофическим последствиям.

За последние десятилетия можно перечислить несколько сотен крупных аварий, катастроф, пожаров и ЧС, приведших к огромным человеческим жертвам, которые исчисляются десятками и даже сотнями тысяч человек. Со второй половины прошлого столетия в рамках государственных проектов в СССР был выполнен

колоссальный объем исследований, направленных на изучение особенностей процесса горения различных материалов и конструкций, а также их экологической и индустриальной безопасности. В стране было создано несколько десятков уникальных научных школ по установлению особенностей поведения различных материалов и конструкций в условиях пожара, а также получению материалов пониженной горючести. Этому способствовали и многочисленные работы связанные с изучением физикохимии полимерных материалов, многие из которых были созданы во второй половине XX века. К сожалению, необдуманное масштабное применение полимерных материалов, имеющих в большей степени органическую основу, стали причиной массовой гибели и травматизма людей в условиях возникновения пожаров. Данные негативные явления закономерно возникают в мире при развитии различных сфер народного хозяйства и производства, а также необдуманного применения многих промышленно значимых технологий. В этом плане приобретает значимость рассмотрение вопросов комплексной безопасности, включающей в себя предупреждение пожаров, техногенных аварий и катастроф, а также ликвидацию последствий от них. Данная проблема может решаться только объединением усилий ученых, специалистов, инженеров, практических работников, представляющих различные сферы жизнедеятельности человека.

Учитывая вышесказанное, в 2020 году была создана Международная ассоциация специалистов пожарной, промышленной и экологической безопасности («International Association of fire, industrial and environmental safety specialists» (сокращенная аббревиатура — IAFIESS) (далее — Ассоциация). Целью создания Ассоциации является объединение ученых и специалистов для решения сложных, многофункциональных и комплексных проблем в области пожарной, промышленной и экологической безопасности.

Данная цель предполагает решение следующих научнопрактических задач:

- организация фундаментальных и прикладных исследований в области пожарной, промышленной и экологической безопасности с внедрением разработок, технологий и методов в научно-техническую и образовательную сферы, различных отраслях народного хозяйства и промышленности;
- создание площадок для обмена опытом и результатами научных исследований в сфере профессиональной деятельности, расширения связей между учеными и специалистами различ-

ных стран в сфере пожарной, промышленной и экологической безопасности:

- содействие научно-исследовательским, образовательным и научно-производственным учреждениям в проведении научных исследований, а также пропаганда и популяризация новых научных разработок в сфере пожарной, промышленной и экологической безопасности;
- содействие повышению мотивации и уровня знаний специалистов, участие в исследовательской, инновационной, внедренческой, образовательной и просветительской деятельности в сфере пожарной, промышленной и экологической безопасности;
- участие в работе по подготовке научных кадров, повышении профессионального мастерства и квалификации научных работников и специалистов в сфере пожарной, промышленной и экологической безопасности.

Важной отличительной особенностью Ассоциации является привлечение ведущих ученых и специалистов для проведения теоретических и прикладных исследований в области различных видов безопасности с разработкой комплексных технических решений для объектов различных по своему функциональному назначению и технологической сложности.

На рисунке 1 представлен официальный логотип Ассоциации, олицетворяющий собой мировое сотрудничество в целях обеспечения пожарной, промышленной и экологической безопасности.

Создание Ассоциации стало возможным благодаря многолетним фундаментальным и прикладным научным исследованиям, большому опыту членов созданной Ассоциации в научнообразовательной и промышленной сфере. Членами Ассоциации являются российские и зарубежные научно-образовательные и промышленные учреждения, а также ведущие ученые и специалисты в области пожарной, промышленной и экологической безопасности. В целях мирового сотрудничества и проведения научных исследований, имеющих международный статус, планируется открытие нескольких филиалов и представительств в зарубежных странах. В настоящее время создан Филиал в г. Кокшетау Акмолинской области Республики Казахстан. Место создания филиала было выбрано исходя из того, что в Кокшетау расположено единственное учебное заведение по подготовке специалистов системы МЧС Республики Казахстан, на базе которого создана научная школа



Рисунок 1 — Официальный логотип Международной ассоциации специалистов пожарной, промышленной и экологической безопасности

по изучению поведения различных материалов и конструкций в условиях пожара. В рамках этой научной школы для Республики Казахстан были подготовлены первые кандидаты технических наук по специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность».

В состав Ассоциации по основным направлениям ее деятельности в настоящее время входит более 40 докторов наук. Это ведущие специалисты России, Белоруссии, Казахстана и других стран мира в области обеспечения различных видов безопасности. Ведущими партнерами Ассоциации по направлениям ее деятельности являются учреждения Российской академии наук, российские и зарубежные учебные и научно-исследовательские заведения, министерства и ведомства, экспертные центры и лаборатории.

Большое внимание членами Ассоциации уделяется популяризации научно-технических разработок, организации проведения международных научно-практических конференций, семинаров и симпозиумов с приглашением для участия ведущих научнообразовательных, экспертных и промышленных организаций. Многие годы членами Ассоциации проводится работа по поддержке международных конференций по горению пластмасс и созданию трудногорючих материалов на их основе, которые являются традиционными во всем мире. Начиная с 1981 года под эгидой Академии наук СССР в рамках данного направления проводились тематичные всесоюзные конференции, а именно «Огнезащитные полимерные материалы, проблемы оценки их свойств», «Горение полимеров и создание ограниченно горючих материалов», Всесоюзная конференция по горению полимеров и созданию ограниченно горючих материалов. Эти конференции проводились на базе ведущих учебных и научно-исследовательских организаций советского периода (Алматы, Таллин, Волгоград, Саки, Суздаль).

Проводимая при поддержке Ассоциации конференция «Полимерные материалы пониженной горючести» является одним из наиболее известных и авторитетных научных мероприятий в сфере создания и технологии полимерных материалов. Свою историю данная конференция начинает с 1978 года. С этого временного периода (1978-1979 год) конференция проводилась в виде всесоюзных совещаний по полимерным материалам пониженной горючести с приглашением многих видных ученых и специалистов в этой области. Проведенные конференции по данной тематике в 2017 году в Алматы на базе Казахского национального университета имени аль- Φ араби — ведущего многопрофильного высшего учебного заведения Казахстана и в 2019 году в Минске на базе Белорусского государственного университета – ведущего многопрофильного высшего учебного заведения Беларуси явились подтверждением успешности проводимой членами Ассоциации работы, которая направлена на развитие и укрепление международного научного потенциала, а также сотрудничества ученых и специалистов в сфере пожарной безопасности.

Проводимые конференции вызывают большой интерес научного сообщества и положительный общественный резонанс. За последние годы тематика конференции была расширена следующими разделами:

- Экологическая и противопожарная безопасность материалов и конструкций.
- Техника и методы оценки пожарной безопасности полимерных материалов.
- Методы и средства обеспечения требуемой пожарной безопасности конструкций из полимерных материалов.
- Анализ чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.
- Нормативно-техническое обеспечение пожаробезопасного применения материалов и конструкций в строительстве.

В данный период проводится работа по подготовке Юбилейной Х Международной конференции «Полимерные материалы пониженной горючести», которая пройдет 15-17 сентября 2021 года на базе Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина (г. Кокшетау, Республика Казахстан).

Ассоциация принимает активной участие в общественной и благотворительной работе по направлению ее деятельности. Большое внимание членами Ассоциации уделяется популяризации научнотехнических разработок, организации проведения международных научно-практических конференций, семинаров и симпозиумов с приглашением для участия ведущих научно-образовательных, экспертных и промышленных организаций.

В результате многолетних научных изысканий, в том числе совместно с учреждениями Российской Академии наук, были разработаны уникальные технологии по направлению создания огнетушащих средств, способов и средств тушения лесоторфяных пожаров, огнезащиты строительных конструкций, полимерных материалов пониженной горючести. Одновременно с этим, ведущим направлением Ассоциации, является обеспечение экологической и промышленной безопасности, включающих совершенствование технологий производства в нефтегазодобывающей, горнодобывающей, горнообогатительной, металлургической, транспортной, сельскохозяйственной отраслях.

В целях успешного продолжения и развития проводимой работы, приглашаю к участию в работе Ассоциации организаций, ученых и специалистов с последующим привлечением к выполнению профильных фундаментальных и прикладных исследований, научно-исследовательских работ, а также взаимодействию в сфере различных видов безопасности. Эффективное сотрудничество может быть построено по вопросам совершенствования и развития научной, нормативной, практической деятельности, совместного проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, организации проведения независимых экспертиз, экспертной оценки проектов и решений, инженерных изысканий и поиска новых эффективных технологий в области пожарной, промышленной и экологической безопасности. Кроме этого, сотрудничество может быть построено в рамках организации конференций, симпозиумов, семинаров и других мероприятий различного уровня по направлениям деятельности Ассоциации, проведения работы по подготовке научных кадров и защиты диссертационных работ, поддержке молодых ученых и специалистов.

ON THE ESTABLISHMENT OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF FIRE, INDUSTRIAL AND ENVIRONMENTAL SAFETY SPECIALISTS

An.B. Sivenkov

International Association of fire, industrial and environmental safety specialists, 125047, Moscow, 3-ya Tverskaya-Yamskaya str., 10 e-mail: sivenkov01@mail.ru

Information on the establishment of an association of experts in fire, industrial and environmental safety is presented. The main activity of the Association is the connection of advanced scientific technologies with the solution of practical problems to ensure industrial and environmental safety. The members of the Association are Russian and foreign scientific, educational and industrial institutions, as well as leading scientists and specialists. In the main areas of its activity, the association includes more than 40 sciences from Russia, Belarus, Kazakhstan and other countries of the world. The Association takes part in social and charitable work.

Keywords: international association of specialists in fire, industrial and environmental safety, fire safety, industrial safety, environmental safety, fire, accident, emergency. Раздел I Цифровая трансформация систем обеспечения безопасности УДК 699.81:654.924

НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

B.M. Колодкин, C.M. Копелев Удмурсткий Государственный Университет, г. Ижевск, Россия e-mail: Kolodkin@rintd.ru, john@zo4.ru

Проанализированы события 11.05.2021 в гимназии № 175 г. Казани, где произошло нападение на учащихся и сотрудников. Выявлены недостатки в организации системы безопасности. Рассмотрению подлежали исключительно технические аспекты. Выявлены направления модернизации системы обеспечения безопасности. Главное направление — создание объектовых Комплексов безопасности.

Ключевые слова: безопасность общественных зданий, технические средства, объектовый комплекс безопасности, речевая двухсторонняя связь по зонам объекта защиты

Введение

11.05.2021 г. в гимназии № 175 г. Казани произошло нападение, приведшее к жертвам среди гимназистов, учителей и сотрудников образовательного учреждения. Это нападение заставило вернуться к вопросу об эффективности защиты образовательных учреждений, о модернизации системы обеспечения безопасности. Учитывая, что образовательное учреждение — это частный случай общественного здания, вопрос стоит о модернизации системы обеспечения безопасности общественных зданий (здесь есть нюансы связанные с собственником здания, но эти нюансы выходят за рамки данной работы).

Безопасность общественных зданий достигается комплексом организационно-технических мероприятий. В том числе, применением инженерно-технического оснащения общественного здания (охранная и тревожно-вызывная сигнализация; телевизионное видеонаблюдение; контроль доступа; пожарная сигнализация; радиационный и химический контроль и т.д.). В данной работе мы остановимся на технических аспектах системы обеспечения безопасности общественных зданий. Отметим, что вопросы обеспечения безопасности общественных зданий всегда в центре внимания государственных органов.

Основные направления модернизации технических средств

Гимназия № 175 Казани, где произошло нападение, защищена техническими средствами. Сотрудники гимназии, проявив личный героизм, сделали все от них зависящее для минимизации ущерба. Действительно, безукоризненно сработала «тревожная кнопка» (вызов спецподразделений охраны), сработала система блокирования замка входной двери. По громкой связи, директор объявил по всему образовательному учреждению об опасности и дал общие рекомендации по противодействию угрозе.

Таким образом, здание гимназии № 175 г. Казани оснащено системой речевого оповещения при эвакуации во время ЧС, системой контроля и управления доступом, кнопкой тревожной сигнализации и вызова полиции и т.д. В данном случае, технические средства, предусмотренные в здании гимназии, не сумели предотвратить нападение, но способствовали уменьшению количества жертв нападения.

В РФ системы обеспечения безопасности общественных зданий исторически развивались эволюционным путем. Встала задача усилить пожарную безопасность общественных зданий — соответствующее ведомство модернизирует, например, применяемые системы противопожарной защиты. Наряду с системами пожарно-охранной сигнализации, развивались системы контроля и управления доступом, системы охранного телевидения и т.д.

Эволюционное развитие технических средств в РФ способствовало созданию и модернизации специализированных аппаратнопрограммных комплексов (АПК), функционирование каждого из которых, в общем случае, обеспечивает передачу информации об изменении состояния объекта в соответствующие ведомства и, возможно, реакцию на изменение состояния. Например, сообщение о возгорании передается диспетчеру службы пожарной охраны и (или) другим ведомствам в соответствии с регламентом. За каждой системой (пожарно-охранной сигнализации, системой контроля и управления доступом, системой охранного телевидения и т.д.) стоят соответствующие ведомства, которые поддерживают работоспособность специализированных аппаратно-программных комплексов. Каждый из АПК вносит свой вклад в обеспечение безопасности.

Независимость АПК различного назначения имеет, конечно, свои плюсы и минусы. К плюсам специализированных АПК можно отнести, что каждый специализированный АПК прошел большой путь разработки, модернизации и практического применения. Каждый специализированный АПК проявил свою эффективность в экстремальных условиях. Обычно специализированные АПК пере-

дают информацию соответствующим ведомствам по защищенным каналам связи.

Минусом совокупности специализированных АПК является — отсутствие синергетического эффекта, что собственно и проявилось при нападении в Казани. События в Казани выявили основной недостаток системы защиты общественного здания — разобщенность действий по противодействию угрозе (затруднения при выработке согласованных действий — отсутствие синергетического эффекта).

Многообразие проявлений опасности не позволяет в общем случае сформулировать требования, удовлетворение которым обеспечивает безопасность объекта защиты. Поэтому ограничимся формулировкой общих принципов построения системы обеспечения безопасности:

- Система обеспечения безопасности строится для каждого объекта защиты и прилегающей территории (Объект защиты). Центральным интегрирующим звеном системы обеспечения безопасности является управляющий комплекс системы (Комплекс безопасности). Комплекс безопасности концентрирует и представляет информацию о состоянии зон Объекта защиты и возникающих угрозах.
- Речевая двухсторонняя связь поддерживается между зонами Объекта защиты и пультом (пультами) Комплекса безопасности. Речевая двухсторонняя связь обеспечивает синергетический эффект, путем координации действий при защите объекта.
- Комплекс безопасности представляет в Единой дежурнодиспетчерской службе (ЕДДС) Объект защиты. В случае ЧС или угрозе ЧС информация по состоянию зон Объекта защиты передается также на пульт ЕДДС. Между ЕДДС и пультом (пультами) Комплекса безопасности поддерживается речевая двусторонняя связь. При необходимости речевая двусторонняя связь поддерживается между ЕДДС и зонами объекта
- Внешнее управление в зонах Объекта защиты осуществляется через пульт (пульты) Комплекса безопасности и пульты ЕДДС.
- Комплекс безопасности предполагает использование систем поддержки принятия решений, работающих в режиме реального времени.

Заключение

Таким образом, модернизация технических средств системы обеспечения безопасности общественных зданий направлена на достижение синергетического эффекта от использования специализированных АПК при возникновении ЧС. Координация сил и средств объекта с целью минимизации ущерба, достигается использованием речевой двухсторонней связи, систем поддержки принятия решений и т.д., входящих в состав Комплекса безопасности объекта защиты. Комплекс безопасности на Объекте защиты должен быть автономен. Каналы связи должны быть проводными, максимально простыми и надёжными в эксплуатации, чтобы обеспечивать работоспособность при аварийной/намеренной блокировке сетей сотовой связи, мобильного интернета и Wi-Fi, с обеспечением резервирования по электропитанию на время эвакуации/ликвидации ЧС.

DIRECTIONS OF MODERNIZATION OF TECHNICAL MEANS OF THE SAFETY SYSTEM OF PUBLIC BUILDINGS

V.M. Kolodkin, C.M. Kopelev Udmurt State University, 426034 Russia, Izhevsk, Universitetskaya, 1 e-mail: Kolodkin@rintd.ru, john@zo4.ru

Analyzed the events of 05/11/2021 in the gymnasium No. 175 in Kazan, where there was an attack on students and staff. Deficiencies in the organization of the security system have been identified. Only technical aspects were subject to consideration. The directions of modernization of the security system are identified. The main direction is the creation of facility security complexes.

Keywords: security of public buildings, technical means, facility security complex, two-way voice communication in the zones of the protected object

УДК 519.688

ПОКРЫТИЕ СЛОЖНОГО ПЛОЩАДНОГО МАРШРУТА БЕСПИЛОТНЫМ ВОЗДУШНЫМ СУДНОМ

A.O. Степанов

Удмурсткий Государственный Университет, г. Ижевск, Россия e-mail: heimusharper@qmail.ru

В статье рассматривается процесс построения площадного маршрута для беспилотного воздушного судна самолётного типа. Рассмотрены различные варианты построения и способы оптимизации. Рассмотрена проблема образования выпуклых многоугольников и выбран алгоритм разбиения таких структур на более простые фигуры.

Ключевые слова: беспилотное воздушное судно, поддержка принятия решений, составление маршрута, оптимизация маршрута

Введение

Если представить беспилотный самолёт в воздухе, то фотоаппарат или другое техническое устройство будут иметь проекцию, в основном, направленную по нормали к поверхности. При этом полезная нагрузка определяет точку проекции, являющейся центром некоторой области. И получение равномерного, возможно с некоторым перекрытием, их набора составляет задачу покрытия площади [1].

Для многих задач требуется пролететь ограниченную область за наименьшее время, и в большинстве случаев она представляет собой прямоугольник, но попадаются ситуации, когда эта область должна быть сформирована по сложному маршруту с поворотами и, возможно, самопересечениями. Такое может произойти в связи с оптимизацией по какому-либо критерию, наличие запретных зон или физические препятствия, несущие опасность для самолёта: горные массивы, области задымления лесных пожаров, источники помех, высокие техногенные объекты, обеспечение безопасности людей и прочее.

Базовый маршрут

В большинстве случаев за нагрузку принимается фотоаппарат, который представляет на поверхности земли прямоугольник. Расстояния, между снимками с учётом перекрытия горизонтальное и вертикальное в метрах задаются соотношениями 1 и 2 соответственно. H — высота полёта над подстилающей поверхностью в метрах, m_w и m_h — ширина и высота матрицы фотоаппарата в миллиметрах соответственно, f — фокусное расстояние объектива в миллиметрах, o_w и o_h — перекрытие горизонтальное и вертикальное в % соответственно.

$$b_w = H \cdot \frac{m_w}{f} \cdot \left(1 - \frac{o_w}{100}\right) \tag{1}$$

$$b_h = H \cdot \frac{m_h}{f} \cdot \left(1 - \frac{o_h}{100}\right) \tag{2}$$

Тогда если S_F — площадь целевой области, а $S_C = \{s_0, s_1, ..., s_n\}$ — площади сделанных снимков, тогда нам необходимо стремиться к созданию такого маршрута, который бы соответствовал соотношению 3.

$$\frac{\sum_{i=0}^{n} s_i}{S_F} \simeq 1 \tag{3}$$

В простейшем случае заданная площадь — выпуклый многоугольник. Построение маршрута для такой фигуры может вестись построением сетки [1] — мы проходим только по тем узлам, которые оказались внутри. Точность и производительность метода сильно зависит от размерности, которая берётся из ширины и высоты перекрытия. Более точным же подходом является составление пути через последовательное построение параллельных прямых на расстоянии ширины необходимого перекрытия. Их пересечения с границей площади является узлами будущего маршрута [2]. Оба подхода дают хорошие результаты, мы же используем второй, для обеспечения более постоянной длины поворотов, которые обязательно появятся за пределами границ площади.

Сразу добавим вокруг буферную зону на несколько снимков как на рисунке 1. Это решает проблему не отснятых зон и выносит за пределы целевой площади фотографии, сделанные при разворачивании борта. Такие снимки из-за сильных крена и тангажа самолёта имеют сильные искажения и не могут использоваться для последующей обработки. Стоит отметить, что для беспилотников вертолётного типа такой буфер теряет свою

актуальность в связи с большей стабильностью таких аппаратов.

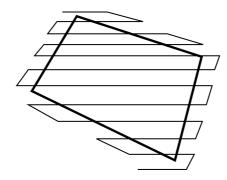


Рисунок 1 — Маршрут с буфером для выпуклого многоугольника

Стоит так же учесть, что нельзя допускать длительного полёта по или против ветра и угол проходов строится с учётом использования бокового ветра в большей части.

В случае же, если мы имеем более сложно очерченную площадь, может оказаться оптимальнее разделить её и рассматривать каждый по отдельности.

Разбиение маршрута

Простейшим случаем является маршрут, имеющий самопересечения, которые необходимо обнаружить. Есть несколько путей для поиска, можно просто перебрать пары отрезков, данный алгоритм обойдётся нам в сложность $O(n^2)$. Можно пойти другим путём и использовать алгоритмы, использующие заметающие прямые, они дают уже логарифмическую сложность $O(\log n)$, что гораздо эффективнее [3].

Могут, так же, встретиться не выпуклые площади, в которых один или несколько проходов рисуются большей частью впустую, как например на рисунке 2.

В большинстве решений такие области строятся, как и обычные выпуклые, с той лишь разницей, что путь не строится через запрещённую область и оставшаяся не обработанной часть проходит тот же алгоритм, рекурсивно перебирая их. [4] Такой подход порождает проблему — могут появиться множество небольших геометрий, которые содержат в себе короткие пути, они вносят хаос и, в целом, не оптимальны. В данном случае мы можем

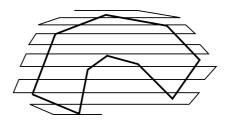


Рисунок 2 — Сложный не оптимально построенный маршрут

лишь объединить такие области с большими (есть риск выти в запретную зону) или проигнорировать (возможно, будут области, в которых нет фотографий). Но есть предложение объединять области [5], метод подходит для решения нашей задачи, правда в большинстве вариантов предполагаемый угол прямых на разных блоках отличается, это может помешать самолёту из-за сильного воздействия на него ветра, как уже было указано выше, не стоит давать возможности лететь долгое время по или против ветра.

Исходя из этого, мы хотим разбить область на минимальное количество блоков, размеры которых, желательно, были бы близки или не были слишком маленькими. С похожей проблемой часто сталкиваются в отрасли трёхмерной графики и тут разработано достаточно много алгоритмов, позволяющих разбить многоугольник на более мелкие. Классической в данном случае является задача триангуляции, но это не всегда оптимально и предпочтение мы дадим алгоритмам, способным разбивать на выпуклые многоугольники, или способные объединить треугольники для достижения того же эффекта.

В 1990 году Бернард Чазелле доказал, что любой простой многоугольник может быть триангулирован за линейное время. Он представил и сам алгоритм, но его реализация столкнулась с некоторыми проблемами и едва ли может обогнать по производительности алгоритмы представленные ниже. [6]

Алгоритм Греене на выходе уже выдаёт набор оптимальных многоугольников и выполняется за время $O(n\log n)$ [7]. Реализация алгоритма уже присутствует в пакете $\operatorname{CGAL}(\operatorname{Computational} \operatorname{Geometry} \operatorname{Algorithms} \operatorname{Library})$ — специализированная библиотека содержащая реализации эффективных алгоритмов, относящихся к обработке геометрий.

Если бы мы использовали например алгоритм Хертела и Мехлхорна, выполняющийся за $O(n+r\log r)$, где r – количество

вогнутых полигонов [8], то получили бы множество треугольников, которые необходимо объединить.

Определим для объединения алгоритм, выполняющийся за время $O(n^2)$. Пусть $T=\{t_0,t_1,...,t_k\}$ – множество треугольников, которое мы получили после алгоритма триангуляции.

Пусть R — результат

Пока T не пуст

Выбираем случайный элемент t_i из T

Пока у t_j есть соседи

Для каждого соседа $t_m t_j$

Если объединение t_j с $t_m,\,t_j$ осталось выпуклым

Объединить t_j с t_m

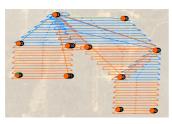
Удалить t_m из T

Если в предыдущем цикле t_j не изменился

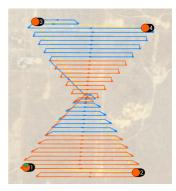
Переместить t_j из T к результатам R

Выход из цикла

Вернуть результат R



(а) Пример маршрута 1



(b) Пример маршрута 2

Рисунок 3 — Пример работы алгоритма

Заключение

В зависимости от сложности исходной геометрии сложно выбрать между алгоритмами Греене или Хартела, к тому же Хартела имеет более случайную природу, поэтому на данный момент в реализован вариант, использующий алгоритм Греене из пакета GDAL(Computational Geometry Algorithms Library). Получающиеся маршруты обеспечивают полное покрытие площади

на достаточно сложных геометриях, примеры представлены на рисунке 3.

Список литературы

- L. H. Nam, L. Huang, X. J. Li and J. F. Xu. An approach for coverage path planning for UAVs. – IEEE 14th International Workshop on Advanced Motion Control (AMC), 2016.
- 2. Franco, C. D., & Buttazzo, G. Energy-aware coverage path planning of uavs. IEEE international conference on autonomous robot systems and competitions (ICARSC) (pp. 111–117), 2015.
- 3. Diane Souvaine, Kevin Keating. Line Segment Intersection Using a Sweep LineAlgorithm. Computational Geometry Tufts University, 2005.
- 4. Taua M. Cabreira, Lisane B. Brisolara, Paulo R. Ferreira Jr. Survey on Coverage Path Planning with Unmanned Aerial Vehicles.
- Coombes, M.; Fletcher, T.; Chen, W.H.; Liu, C. Optimal polygon decomposition for UAV survey coverage – path planning in wind. Sensors 2018.
- 6. Cabreira, Tauã M. and Brisolara, Lisane B. and Ferreira Jr., Paulo R. Survey on Coverage Path Planning with Unmanned Aerial Vehicles https://www.mdpi.com/2504-446X/3/1/4.
- 7. Daniel H. Greene. The decomposition of polygons into convex parts In Franco P. Preparata, editor, Computational Geometry, volume 1 of Adv. Comput. Res., pages 235-259. JAI Press, Greenwich, Conn., 1983.
- 8. Hertel, S., & Mehlhorn, K. Fast triangulation of simple polygons. Lecture Notes in Computer Science, 207–218., 1983.

COVERAGE OF COMPLEX AREAL ROUTE OF UNMANNED AIRCRAFT VEHICLE

A.O. Stepanov

Udmurt State University, 426034 Russia, Izhevsk, Universitetskaya, 1 e-mail: heimusharper@qmail.ru

The article discusses the process of building an areal route for an plane-type UAV. Various options for constructing an initial route and ways to optimize it are considered. The problem of the formation of convex polygons is considered and an algorithm for dividing such structures into simpler routes is chosen.

Keywords: unmanned aircraft vehicle, decision support system, route planning, route optimization.

УДК 004.738.5

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

А.Н. Александрович

Удмурсткий Государственный Университет, г. Ижевск, Россия e-mail: Aleksandrovich.AN@mail.ru

В статье описываются технологии Интернета вещей и предлагаются возможные решения проблем в области техносферной безопасности для критически важных и опасных объектов в реальном времени посредством веб-сервисов с целью оценки влияния различных факторов на состояние производства, выявления и прогнозирования возникновения чрезвычайных ситуаций, последствий аварий и оценки рисков. Предлагаются общие требования к системе адаптивного управления звакуацией.

Ключевые слова: Интернет Вещей, умный датчик, облачный сервис, оценка рисков, техносферная безопасность, система адаптивного управления эвакуацией

Введение

Интернет Вещей (Internet of Things, IoT) — это концепция, которая объединяет несколько устройств в одну сеть, где они взаимодействуют друг с другом. Индустриальный (Промышленный) и Социальный Интернет Вещей (Industrial Internet of Things, IIoT, ПИВ; Social Internet of Things, SIoT, СИВ) для корпоративного / отраслевого применения — система объединенных компьютерных сетей и подключенных промышленных (производственных) объектов со встроенными датчиками (сенсорами) и ПО для сбора и обмена данными, с возможностью удалённого интеллектуального контроля и управления в автоматизированном режиме, без участия человека.

В 2019 году Приказом Минкомсвязи России была утверждена «Концепция построения и развития узкополосных беспроводных сетей связи «Интернета Вещей» на территории Российской Федерации» (Приказ №113 от 29 марта 2019 года) [1]. Согласно Концепции Интернет Вещей — это глобальная инфраструктура для информационного общества, обеспечивающая возможность предоставления сложных услуг путём соединения друг с другом (физических и

виртуальных) вещей на основе существующих и развивающихся функционально совместимых информационно-коммуникационных технологий. Соответственно, эти «умные устройства» могут получать, обмениваться информацией и принимать определенные решения на основе этой информации.

Аббревиатура IoT, которая означает «Интернет Вещей», становится всё более узнаваемой, и пользуется спросом, мы используем её элементы, когда, например, смартфон или фитнес-браслет контролирует нас. Проникновение IoT-технологии незаметно, но постоянно. Важно уметь правильно использовать эту технологию и добиваться высоких темпов развития нового направления, для чего в первую очередь требуются свежие идеи, услуги и сервисы.

Поскольку одного «рецепта» для проектов на Концепции Интернета Вещей не существует, архитектура каждого проекта рассматривается отдельно — можно использовать как несколько сервисов, так и какой-то один, например, сбор телеметрии или сервис оценки риска [2].

Первыми, кто попытался внедрить элементы ІоТ в нашей стране, были промышленные предприятия на платформах Промышленного Интернета Вещей, которые использовали мониторинг (в т.ч. охранно-пожарной сигнализации) и сбор телеметрии при срабатывании различных датчиков, установленных на станках, механизмах и оборудовании, «умные» системы (управления инженерными коммуникациями, управления приборами и оборудованием, отслеживания геопозиции) и т.п. Это направление продолжает широко и интенсивно развиваться с использованием интеллектуальных методов измерения параметров различных процессов и большого количества новых «умных датчиков», которые могут фиксировать проблемы до момента, когда машины выйдут из строя, снижая затраты на ремонт и потери от простоев.

В России наблюдается бурный рост масштабных инвестиционных проектов по созданию промышленных комплексов на платформе ПИВ [3]. Четвертая промышленная революция (Индустрия 4.0) предполагает новый подход к производству, основанный на массовом внедрении технологий Интернета Вещей в промышленность [4,5]. На рынке предлагаются различные компоненты для реализации отраслевых ПоТ.

Основное отличие от автоматизированных систем управления заключается в большом объёме различных данных, которые требуется обрабатывать в потоке, что делает работу этой системы установки видимой в режиме реального времени. Для этого используются нереляционные базы данных (NoSQL), в том

числе технологии интеллектуальной облачной обработки Больших данных, экспертных систем и нейронных сетей.

Следует выделить основные особенности ПоТ, такие как:

- метод подключения машина к машине (M2M), то есть человек не участвует непосредственно в процессе;
- все «онлайн» устройства общаются друг с другом посредством промышленных сетей и современных протоколов;
- большой объём полученной информации обрабатывается с использованием технологии Big Data;
- вещи приобретают способности искусственного интеллекта, самообучаются и накапливают знания и умения.

Разработчики проектов для Интернета Вещей затрагивают проблему организации сетевого доступа. Отдельные «умные вещи» генерируют постоянный, но очень небольшой трафик, но для компании с десятками или сотнями тысяч интеллектуальных датчиков это уже значительная сетевая нагрузка. Для этого требуется достаточно мощная внутренняя и внешняя сеть предприятия и интеллектуальные ИТ-ресурсы.

Существует также ряд проблем на глобальном и местном уровнях. Самая главная — это безопасность IoT. Системы Интернета Вещей пока плохо защищены от различных видов атак и сейчас уже привлекают внимание злоумышленников. Что произойдёт с «умным предприятием» после хакерской атаки или масштабного отключения? Последствия, безусловно, будут негативными и могут быть весьма критичными. Безопасность IoT устройств — это диапазон уязвимости: от незащищённости до высшей степени безопасности с несколькими уровнями защиты.

Кроме того, хоть цифровизация процессов и «умное» их регулирование способно экономить ресурсы и более эффективно их расходовать, — внедрение Интернета Вещей, особенно в масштабах крупных корпораций, удовольствие крайне дорогое.

Самое главное, однако, заключается в том, что в стране достаточно разработчиков мирового класса для реализации проектов ІоТ. Основные усилия направлены не на датчики и приборы, а на разработку программного обеспечения, и в этом вопросе российские программисты вполне готовы конкурировать на мировом рынке.

Сейчас системы ПоТ начинают использоваться на критически важных объектах, защита которых требует повышенного внимания. Для надежного прогнозирования последствий сбоев и атак необходимо привлекать дополнительные мощности и технологии, в частности создание «Цифровых Двойников» (Digital Twin) предприя-

тий и отдельных IIoT-систем для моделирования вероятностных событий и прогнозирования рисков, в том числе техногенных [6]. Государство также заинтересовано в разработке ряда масштабных проектов. В ближайшие годы системы видеомониторинга и сбора информации об экологической ситуации должны быть внедрены не только на корпоративном, но и на федеральном уровне.

Наши проекты

Приоритетным направлением в настоящее время является цифровизация объектов, создаваемых в рамках национального проекта «Экология». В 2019 году Правительством России принято Постановление [7] о перепрофилировании объектов по УХО в производственно-технические комплексы по утилизации отходов I и II класса опасности (чрезвычайно опасные и высокоопасные отходы). Для обеспечения безопасности населения, проживающего на территории развёртывания такого объекта и окружающей среды региона на платформах Промышленного Интернета Вещей необходимо осуществить разработку и создание «Цифрового Двойника» данного объекта с прилегающими к нему территориями.

Одним из направлений использования технологий IoT / ПоТ является создание систем в области мониторинга среды, оповещения и управления эвакуацией. Например, Институтом катастроф исследуются системы оповещения нового поколения, разрабатываются требования к таким системам, критерии выбора устройств и их реализация, детально рассматривается выбранная конфигурация и программы для ЭВМ, реализующие алгоритм расстановки простой системы в здании [8, 9].

Архитектура разрабатываемой системы соответствует требованиям, предъявленным для системы оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) в Концепции Интернета Вещей [10, 11]. Для реализации системы были выбраны модули связи на базе микроконтроллеров ATmega128RFA1 и семейства STM32 с радиомодулями RFA1, NRF, LoRa [12].

В процессе реализации проекта «Облачного сервиса оценки рисков ЧС и устойчивости для территорий и хозяйствующих субъектов» специалисты, работающие в области оценки рисков и создания паспортов безопасности техногенных объектов и нормативных документов, создали единый Web-инструмент, позволяющий провести в режиме онлайн оценку опасности техногенного объекта, выявляя масштаб возможной типовой аварии [13], а также систему оповещения о потенциальной или реальной опасности с использованием ситуационных моделей и сценариев, Web-сервисов

и SMS-сообщений [14]. Кроме того, в настоящее время решается задача управления людскими потоками в здании при пожаре с помощью системы оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) [15].

Важным направлением в области Интернета Вещей, Сенсорных сетей и Промышленного Интернета Вещей является разработка национальных стандартов. В конце 2020 года правительственная комиссия по цифровому развитию утвердила разработанные «Ростехом» дорожные карты по развитию в России Интернета Вещей и Блокчейна, а также серию предварительных национальных стандартов (ПНСТ) в области Интернета Вещей [16,17].

Эксперты из технического комитета 194 «Кибер-физические системы» на базе Российской венчурной компании (РВК), совместно с компанией «Телематические решения» (бренд WAVIoT) и Ассоциацией Интернета Вещей при поддержке Минпромторга России, подготовили и вынесли на обсуждение проект ГОСТ Р в области использования новой технологии беспроводной передачи данных для протокола Интернета Вещей NB-Fi на основе российской технологии — технология класса LPWAN (беспроводные технологии передачи небольших по объёму данных на дальние расстояния) для распределенных сетей телеметрии, межмашинного взаимодействия и Интернета Вещей [18].

Заключение

Общие требования, которые могли бы войти в стандарт Интернета Вещей к системе оповещения и адаптивного управления эвакуацией людей (пользователей, контролируемых системой) могут рассматриваться на примере пожара (или другого вида ЧС) в производственных, офисных, учебных или жилых помещениях с использованием технологий ПИВ и СИВ [19].

Система должна:

- иметь полную и достоверную информацию о возможных путях эвакуации, учитывая актуальную загруженность этих путей и их безопасность:
- оперативно реагировать на обнаружение, локализацию места возникновения ЧС;
- динамически вносить изменения в инструкции для обеспечения наиболее безопасных способов выхода из ЧС;
- определять и отслеживать местоположение пользователей на объекте;
- учитывать индивидуальные особенности пользователя (рабочий персонал, обычный человек, человек с ограниченными способностями) различными наборами инструкций;

- обеспечивать разделение оповещения различных категорий пользователей во времени по различным сценариям;
- обеспечивать поддержку различных способов информирования о ЧС (визуальные текстовые сообщения, планы помещений, световые и графические указатели; звуковые специальные сигналы, речевые команды);
- обеспечивать как автоматический, так и подтверждаемый ответственным сотрудником режимы работы;
- обеспечивать эвакуацию из зоны ${
 m 4C}$ в течение ${
 m N}$ минут после возникновения возгорания;
 - обеспечивать выход на внешние системы оповещения о ЧС.

Значения различных параметров в требованиях должны соответствовать нормативным показателям в области чрезвычайных ситуаций.

Список литературы

- Приказ Минкомсвязи России от 29.03.2019 №113 «Об утверждении Концепции построения и развития узкополосных беспроводных сетей связи «Интернета Вещей» на территории Российской Федерации».
- 2. Щербинина М.Ю., Стефанова Н.А. Концепция Интернет Вещей // Креативная экономика. 2016. Т. 10. № 11. С. 1323-1336. DOI: $10.18334/\mathrm{ce}.10.11.37074$.
- 3. Промышленный Интернет Вещей. Агентство промышленного развития Москвы. 2020. https://apr.moscow/content/data/7/Промышленный%20интернет%20вещей.pdf (Дата обращения: 20.05.2021).
- РБК.Тренды. Клейменова Л. Что такое индустрия 4.0 и ОТР нужно O ней знать. https://trends.rbc.ru/trends/industry/5e740c5b9a79470c22dd13e7 (Дата обращения: 04.05.2021).
- 5. Умрихина В.О., Негребецкая В.И. Промышленный Интернет Вещей и Индустрия 4.0. ФГБОУ ВО «Курский государственный университет», колледж коммерции, технологий и сервиса, Россия, Курск. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://docviewer.yandex.ru/?tm=1624437952&tld=ru&lang=ru &text=Умрихина%2С+В.О.%2С+Негребецкая%2С+В.И.+Промышленный+Интернет+Вещей+и+Индустрия+4.0.&url=https%3A//studconf.com/download/1621/&lr=44&mime=pdf &l10n=ru&sign=d1ecc8367bf6f429806ab47eae74cc8e&keyno=0 (Дата обращения: 24.05.2021).

- 6. Александрович А.Н. Развитие веб-сервиса оценки риска: Цифровой Двойник предприятия по переработке отходов І- ІІ классов опасности // Безопасность в техносфере: сб. ст. / Удмурт. регион. отд-ние Общерос. обществ. орг. «Российское научное общество анализа риска», ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»; под. ред. В.М. Колодкина. Ижевск: Удмуртский университет, 2019. Вып. 13. С. 26-34. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://elibrary.udsu.ru/xmlui/handle/123456789/18892.
- 7. Правительство Российской Федерации Постановление от 30.04.2019 №540 Об осуществлении бюджетных инвестиций за счет средств федерального бюджета в объекты капитального строительства в рамках федерального проекта «Инфраструктура для обращения с отходами І-ІІ классов опасности» [Электронный ресурс] Режим доступа: http://government.ru/news/36577/ (Дата обращения: 15.09.2019).
- 8. Колодкин В.М., Чирков Б.В. Оценки топологической сложности зданий в модели эвакуации // Безопасность в техносфере: сб. ст. / науч. ред. В.М. Колодкин. Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2019. Вып. 13. С. 6-12.
- 9. Колодкин В.М., Ушаков Д.Е. Повышение эффективности системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре в здании // Безопасность в техносфере: сб. ст. / науч. ред. В.М. Колодкин. Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2018. Вып. 12. С. 7-19.
- 10. Сарьян В.К., Сущенко Н.А., Дубнов И.А., Лутохин А.С. Прошлое, настоящее и будущее стандартизации Интернета Вещей / [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://niir.ru/news/zhurnal-trudy-niir/articles/proshloe-nastoyashhee-i-budushhee-standartizacii-interneta-veshhej/(Дата обращения: 24.04.2021).
- 11. Сивков А.М. Нахождение распределения людей в здании // Безопасность в техносфере: сб. ст. / науч. ред. В.М. Колодкин. Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2019. Вып. 13.— С. 13-25.
- 12. Ушаков Д.Е. Исследование ограничений расстановки беспроводных узлов на базе микроконтроллера ATmega128RFA1 // Безопасность в техносфере: сб. ст. / науч. ред. В.М. Колодкин. Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2019. Вып. 13. С. 35-43.

- Галиуллин М.Э., Анашин В.О., Радикова А.В. Проект «Облачного сервиса оценки рисков ЧС и устойчивости территорий и хозяйствующих субъектов» // Безопасность в техносфере. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2017. Вып. 11. С. 96-120.
- 14. Александрович А.Н. Использование интернет технологий для визуализации динамической модели системы оповещения населения с использованием средств мобильной связи // Трехмерная визуализация научной, технической и социальной реальности. Кластерные технологии моделирования: труды Первой междунар. конф. Ижевск, 4-6 февр. 2009 г. / МГУ, Инт управления РАН, ГОУ ВПО «Удмуртский государственный университет»; под ред. С.Н. Васильева и др. Ижевск: Ижевский ин-т компьтер. исслед. 2009. Т. 3. С. 7-10.
- 15. Чирков Б.В., Евстафьева П.С., Буторина К.С. Математическая модель формирования управляющих команд для системы управления эвакуацией // Безопасность в техносфере: сб. ст. / науч. ред. В.М. Колодкин. Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2019. Вып. 13. С. 44-54.
- 16. Росстандарт. Новости. Утвержден стандарт протокола LoRaWAN RU для рынка интернета вещей. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.gost.ru/portal/gost/home/presscenter/news?portal:isSecure=true&navigationalstate... (Дата публикации: 02.02.2021).
- 17. Росстандарт. Новости. Росстандарт утвердил основополагающие стандарты Интернета Вещей [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/presscenter/news?portal:componentId =88beae40-0e16-414c-b176-d0ab5de82e16&navigationalstate... (Дата публикации: 24.08.2020).
- 18. CNews. Создан ГОСТ протокола интернета вещей на основе российской технологии. Пресс-служба РВК. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.cnews.ru/news/top/2020-12-28_sozdan_gost_protokola_interneta (Дата публикации: 28.12.2020).
- 19. Колодкин В.М., Чирков Б.В. Система адаптивного управления экстренной эвакуацией при пожаре в здании // Безопасность в техносфере, 2017. Вып. № 4(67). С. 58-65. DOI: https://doi.org/10.12737/article_5a2907cc4f32d7.65348137.
- 20. ГОСТ Р ИСО/МЭК 29161-2019 Информационные технологии. Структура данных. Уникальная идентификация для Интернета Вещей. Information technology. Data structure. Unique

- identification for the Internet of Things (Дата введения: 2020-03-01).
- 21. Национальный стандарт. ПНСТ 418-2020. Информационные технологии. Интернет Вещей. Структура системы Интернета Вещей реального времени (Дата введения: 01.01.2021).
- 22. Национальный стандарт. ПНСТ 419-2020. Информационные технологии. Интернет Вещей. Общие положения (Дата введения: 01.01.2021).
- 23. Национальный стандарт. ПНСТ 420-2020. Информационные технологии. Интернет Вещей промышленный. Типовая архитектура (Дата введения: 01.01.2021).
- 24. Интернет Вещей, Большие данные, Блокчейн, Цифровой двойник // Википедия: [Электронный ресурс] Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/ (Дата обращения: 20.04.2021).

CONCEPTUAL USE OF INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS TECHNOLOGIES FOR RISK ASSESSMENT IN ENTERPRISES

Aleksandrovich Alexander Nikolaevich Udmurt State University, 426034 Russia, Izhevsk, Universitetskaya, 1 e-mail: Aleksandrovich AN@mail.ru

The article describes the technologies «Internet of Things» and offers possible solutions to problems in the field of technosphere safety for critical and dangerous objects in real time through web services in order to assess the impact of various factors on the state of production, identify and predict the occurrence of emergencies, the consequences of accidents and assess. General requirements for the adaptive evacuation management system are proposed.

Keywords: Internet of things, Smart sensor, Digital Twin, Cloud service, risk assessment, technosphere security, adaptive evacuation management system.

УДК 519.688, 614.84

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ В INKSCAPE

Б.В. Чирков, Д.Н. Чернов

Удмуртский государственный университет г. Ижевск, Россия e-mail: $b.v.chirkov@gmail.com,\ dmitriu2561@bk.ru$

В работе приводится описание расширения cfast-inkex для программы Inkscape, которое сохраняет введенную информацию в формате программы CFAST и Smokeview. Расширение дополняет программу CEdit возможностью графического ввода здания.

Ключевые слова: моделирование пожара, зонная модель, плагин inkscape, расширение inkscape, модель здания, цифровая модель здания, графический ввод здания.

Введение

Для моделирования распространения опасных факторов пожара в здании существует несколько основных типов моделей: полевая, зонная, интегральная [3]. У каждой есть своя область применения, однако к основным входным параметрам можно отнести геометрические параметры пространства и параметры пожара.

Для работы выбрана зонная модель и ее реализация в программном комплексе CFAST [1]. Данная программа была выбрана, потому что она свободно распространяется. Программный комплекс включает в себя программу формирования сценария — CEdit и визуализации результатов — Smokeview.

У программы СЕdit есть недостаток — ввод здания осуществляется в табличном виде, т.е. геометрические характеристики помещений описываются шестью атрибутами: 3 координаты нижнего левого угла, ширина, высота и глубина. Ввод проемов выполняется путем выбора двух помещений, которые связывает проем. Данный механизм формирования цифровой модели здания является медленным и не удобным. Часто планы реальных зданий представляют собой отсканированные документы и добиться безошибочного ввода в табличном виде становится затруднительно.

В связи с этим было разработано расширение для программы Inkscape. *cfast-inkex* реализует механизм преобразования объектов программы в формат, необходимый для работы CFAST или Smokeview.

Описание расширения cfast-inkex

Inkscape — программа для работы с векторной графикой, распространяется под группой открытых лицензий GNU GPL [2]. Была выбрана для работы так как CFAST принимает помещениями в форме прямоугольных параллелепипедов, проекцией которых на плоскость является прямоугольник, а Inkscape имеет инструмент ввода прямоугольников. Кроме этого она имеет дополнительные возможности: направляющие линии, прилипание к линиям и точкам, слои.

Требования к цифровой модели здания:

- 1) содержать помещения;
- 2) содержать проемы;
- 3) содержать связи через проемы;
- 4) содержать связи между уровнями здания;
- 5) иметь информацию для каждого помещения в отношении размеров.

Создание цифровой модели здания начинается с организации слоев этажа. Каждый этаж является группой слоев. Имя слоя этажа: Level * , где * — номер этажа.

Level (группа слоев)

- |- doors (проемы, wallvens)
- |- rooms (помещения, comparaments)
- image (подложка, план этажа здания)

Внутри слоя Level может находится сколько угодно слоев, но информация извлекается только со слоев с именами rooms* (помещения) и doors* (двери).

Слой image предназначен для размещения изображения плана здания. В связи с тем, что в Inkscape слой формируется с началом координат в верхнем левом углу, а CFAST предполагает начало координат в нижнем левом углу, требуется преобразование. Чтоб преодолеть это различие, необходимо разместить изображение плана здания правее оси Y и выше оси X (рисунок 1). Также нужно следить за тем, чтобы объекты не оказались ниже оси X или левее оси Y (CFAST не работает с отрицательными координатами).

Далее каждый слой наполняется прямоугольниками в соответствии с планом здания, которые затем интерпретируются в зависимости от принадлежности слою. Важно соблюдать: двери и проемы должны быть на слое doors, помещения на слое rooms. На данный момент тип, толщина и цвет линий не рассматриваются как некоторые свойства вводимых объектов и могут быть выбраны

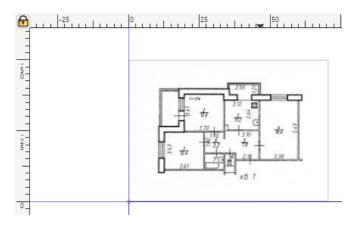


Рисунок 1 — Правила размещения плана здания. Оси X и Y получаем с помощью направляющих линий

произвольными. Бесцветные элементы пропускаются. Пересечения элементов одного слоя не допустимы.

После ввода первого помещения доступна функция привязки масштаба. Привязку необходимо выполнить для каждого этажа. Привязка заключается в выборе помещения и указании его реальных размеров в метрах (Расширения \rightarrow CFAST \rightarrow Привязка геометрии...). Данный инструмент определяет размеры всех помещений на этаже. Операцию необходимо выполнить для каждого этажа. Новая приявзка на одном этаже переопределяет предыдущую.

Дверь создается на границе помещений. Для связки двух помещений дверь должна двумя углами находиться в одном помещении, а двумя в другом (рисунок 2). Для свзяки помещения и «улицы»: два угла в помещении, два за его пределами. Пересечение дверью нескольких помещений приведет к ошибке.

В случае если в здании 2 и более этажей, для получения полноценной модели здания применяется привязка уровней (Расширения \rightarrow CFAST \rightarrow Привязка уровней. . .). Этот инструмент позволяет получить этажи друг над другом. Данная привязка заключается в выборе ориентира и смещаемого помещения. Ориентиром всегда является нижний слой. Выбирается слой гоомз этажа, который является ориентиром. Создается окружность с центром в точке, к которой будет осуществляться привязка. Данное действие повторяется для этажа выше, который следут сместить.

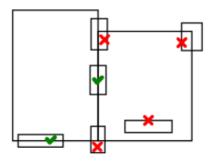


Рисунок 2 — Правила размещения проемов. Красным крестиком отмечены проемы, которые приведут к ошибке, зеленой галочкой — правильные

При создании здания с количеством помещений более 100, CEdit не сможет показать его. Для просмотра здания с помощью расширения можно сохранить проект в формате программы Smokeview (*.smv). Если же здание соответствует требованиям CFAST, выбирается формат CFAST geometry (*.in).

Заключение

Создание открытого инструмента, упрощающего работу с цифровой моделью здания для программы CFAST позволит привлечь специалистов для исследования безопасности зданий. Данный инструмент упрощает как создание, так и сопровождение проекта.

Расширение с дополнительной инструкцией доступно по адресу https://github.com/bvchirkov/cfast-inkex.

Список литературы

- CFAST User's Guide [Электронный ресурс] Режим доступа: nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication1041.pdf
- 2. Inkscape Beginners' Guide [Электронный ресурс] Режим доступа: https://inkscape-manuals.readthedocs.io/en/latest/
- Свирин И.С. Обзор моделей распространения пожара в зданиях // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2013. – №6.

CREATING A DIGITAL BUILDING MODEL IN INKSCAPE

B.V. Chirkov, D.N. Chernov

Udmurt State University, 426034 Russia, Izhevsk, Universitetskaya, 1 e-mail: b.v.chirkov@gmail.com, dmitriu2561@bk.ru

The paper describes the cfast-inkex extension for the Inkscape program, which saves the entered information in the CFAST and Smokeview program formats. The extension complements the CEdit program with the ability to graphically enter the building.

Keywords: fire simulation, zone model, inkscape plugin, inkscape extension, building model, digital building model, graphical building input.

УДК 621.372.2, 621.391, 621.398

СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ С АНАЛОГОВЫХ УЗЛОВ ЧЕРЕЗ ЛИНИЮ ПИТАНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

А.Д. Шакиров

Удмурсткий Государственный Университет, г. Ижевск, Россия e-mail: artdmshakirov@gmail.com

Рассматривается разработка узлов для линии постоянного тока. Экспериментальная установка состоит из узлов сбора данных с минимальными функциональными возможностями отслеживания одного фактора окружающей среды на превышение порогового значения, узлов микроконтроллера и источника питания. Гармонические сигналы 60-90 кГц узлов с датчиками одновременно подаются на линию и снимаются оттуда через разделительные конденсаторы, а постоянный ток — через индуктивности. Для распознавания сигналов в экспериментальной установке используется алгоритм Герцеля [1]. Примеры применения разработки: в тепличных хозяйствах, личных подсобных хозяйствах и теплотрассах для обнаружения аварийных ситуаций и повышенного влияния негативных факторов.

Ключевые слова: связь по ЛЭП, постоянный ток, телеметрия, аналоговый сигнал, датчики, цифровая обработка сигнала, алгоритм Герцеля

Введение

Сбор данных о физических показателях среды на больших территориях возможен по радиоканалу [2] и проводному каналу. Проводные системы могут передавать данные как через обособленные линии, так и по линиям электроснабжения [3, 4]. Даже на не очень больших дистанциях затраты на многожильный кабель могут превышать стоимость всей остальной системы — при таких условиях осуществление передачи данных через двужильный провод линии питания (такой как ТРП) позволяет резко сократить расходы и решить вопрос энергоснабжения.

В данной работе рассматривается вариант низкоскоростной передачи данных, так как при телеметрии таких показателей среды, как освещение, температура, влажность, часто нет необходимости в высокой скорости опроса. Также рассматривается электроснабжение низковольтным (12 В) постоянным током, так как это позволяет удешевить узлы и снизить негативные последствия аварий.

Существуют системы, выполняющие аналогичные задачи, например, Power Line Communication Using RS-485 [5]. Их использование предполагает наличие микроконтроллера на каждом узле. В данной работе было решено отказаться от этого, а данные передавать с помощью гармонического сигнала, менее подверженного сложным искажениям в рассматриваемой среде, чем прямоугольный сигнал.

Для анализа получаемого аналогового сигнала требуется воспользоваться методами цифровой обработки данных, что в связи с бурным развитием вычислительных мощностей не является чрезмерно трудоёмкой задачей даже для микроконтроллеров бюджетного сектора.

По результатам неформального опроса, была выявлена тенденция к пониманию под системами передачи данных через линию питания систем типа «интернет через розетку». В отличие от последних, в данной работе не ставилось задач использования технологий Ethernet, сети переменного тока 220 В и достижения больших скоростей.

Основная часть

Гармонический сигнал в данной работе было решено производить с помощью Quick Sine Wave Generator [6]. В отличие от других техник [7], такой подход — генерация прямоугольного сигнала и фильтрация из него основной гармоники — позволил регулировать частоту конкретного узла одним переменным резистором при небольшом общем количестве элементов и приемлемом качестве полученного сигнала.

Так как зачастую нужно определять только наличие превышения какого-либо параметра окружающей среды, то было решено сравнивать напряжение на датчике (фоторезисторе, терморезисторе и т.п.) компаратором на операционном усилителе и последним шунтировать через диод соединение времязадающих конденсатора и резистора, останавливая (или запуская) генерацию и тем самым передавая информацию о превышении заданного порога. Для определения конкретного значения можно подавать сигнал с зависимой от параметра частотой, намного меньшей несущей, но этот вариант не был подробно рассмотрен.

Для питания постоянным током определённого напряжения каждый отдельный узел подключается к линии через LC ФНЧ, описанный, например, в [5]. Передача сигнала на эту же линию ведётся через разделительный конденсатор, который можно рассматривать как ФВЧ.

Итоговое устройство узла датчика можно описать структурной схемой на рисунке 1.



Рисунок 1 — Структурная схема узла датчика

Была собрана экспериментальная установка с двумя узлами датчиков — по схеме на рисунке 2 (с индуктивностью по питанию 39 мГн, съёмным датчиком и генератором на ОУ) и по схеме на рисунке 3 (с индуктивностью по питанию 3,9 мГн, конденсатором $100~{\rm M}{\rm K}\Phi$, потребляющим почти $50~{\rm M}{\rm A}$ несъёмным датчиком положения ITR9909 и генератором на NE555 с R2 для точной настройки в ограниченном диапазоне), узлом микроконтроллера (рисунок 4) и узлом источника питания (рисунок 5).

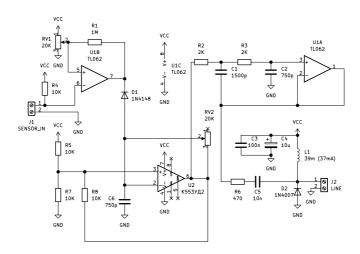


Рисунок 2 — Электрическая схема узла датчика, вариант 1

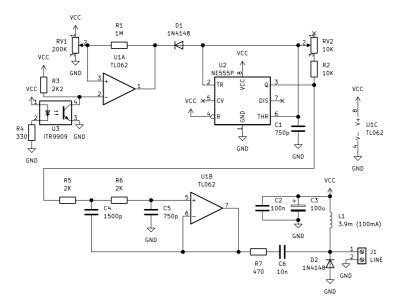


Рисунок 3 — Электрическая схема узла датчика, вариант 2

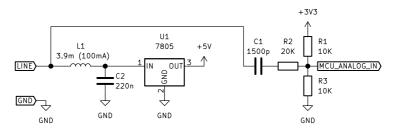


Рисунок 4 — Узел микроконтроллера

Для термостабильности частоты генераторов прямоугольных импульсов использовались NPO конденсаторы и выводные металлоплёночные резисторы.

На рисунке 4 перед микроконтроллером имеется делитель, который уменьшает амплитуду переменного сигнала и центрирует его на половине напряжения питания микроконтроллера. Для расчёта делителя резисторы R1 и R3 заменяются эквивалентной схемой — на схеме с рисунка, одним резистором сопротивлением 5 кОм, подключенным к средней точке питания 1,65В.

Частота среза Φ ВЧ второго порядка в схемах на рисунках 2 и 3 составляет около 75 к Γ ц. Негативные явления в пространстве

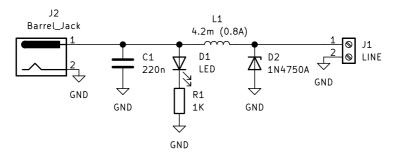


Рисунок 5 — Узел источника питания

частот при отклонении генератора прямоугольных сигналов от частоты среза оказались незначительны.

Для ФВЧ второго порядка минимальную требуемую скорость нарастания выходного напряжения (slew rate) операционного усилителя, используя следствие из первого замечательного предела

$$\lim_{x \to 0} \frac{a \sin 2\pi \nu x}{2\pi \nu a x} = 1$$

и получая уравнение касательной к точкам наибольшего нарастания напряжения в знаменателе подпредельного выражения, можно выразить как

$$S_{R_{min}} = \frac{2\pi\nu ax}{x} = 2\pi\nu a = \pi\nu U,$$

где ν — частота, U=2a — размах сигнала, примерно равный напряжению питания.

Тогда для конкретной модели операционного усилителя

$$\nu_{max} = \frac{S_R}{\pi U}.$$

Выбранный операционный усилитель TL062 имеет достаточную скорость нарастания с $\nu_{max}=92840\Gamma$ ц при U=12В.

Также операционный усилитель должен иметь диапазон входного напряжения от минуса до плюса питания — TL072, например, не подходит по этой причине.

Цифровая обработка сигналов

В качестве микроконтроллера был выбран STM32F103C8T6 на плате «Blue Pill» с преобразователем напряжения из 5 В в 3,3 В и разъёмом USB. При времени семплирования 7,5 циклов АЦП

и времени преобразования 12,5 циклов АЦП при частоте АЦП 9 МГц частота дискретизации 450 кГц. Использовался контроллер DMA. При обнаружения сигналов на различных каналах для вычисления дискретного преобразования Фурье [1, с. 49] было решено использовать алгоритм Герцеля вместо алгоритма БПФ, так как первый является наиболее гибким для данной работы и в перспективе более оптимальной на случай увеличения точности частоты генерации сигнала. Вычисления производились с использованием типа данных float. Значением отсчёта принимался модуль спектральной функции.

Была написана программа для микроконтроллера, отправляющая значения всех 1024 отсчётов (весь спектр 0-225 к Γ п) через USB. На стороне ПК с помощью SerialPlot¹ были получены проградуированные по оси частот графики — на рисунке 6 первый узел при неактивном втором, настроенный на 75 к Γ ц, на рисунке 7 второй узел при неактивном первом, настроенный на 80 к Γ ц, на рисунке 8 активны все два узла датчиков. Была предварительно вычтена постоянная составляющая сигнала.

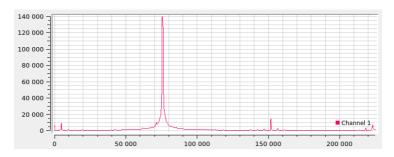


Рисунок 6 — Активен только первый узел

Также была написана программа, определяющая наличие сигнала на канале, для каждого канала высчитывая значение отчёта, соответствующего определённой частоте, и восьми ближайших соседних отсчётов, при этом если хотя бы один из девяти был выше определённого порога, то принималось присутствие сигнала на канале и включался светодиод. Между каналами был один незадействованный отсчёт а, ширина каждого получалась около 5 кГц. Было испытано 4 канала с центрами в диапазоне 60-75 кГц. По субъективным ощущениям, реакция от датчиков была ожидаемой, настройка на канал по светодиодам была комфортной, система казалась надёжной. Программа использовала 12,79 КБ ПЗУ и

¹https://hackaday.io/project/5334-serialplot-realtime-plotting-software

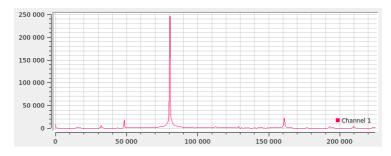


Рисунок 7 — Активен только второй узел

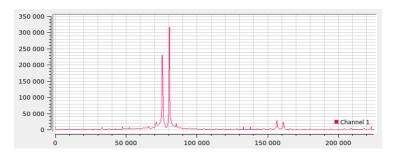


Рисунок 8 — Активны все два узла с датчиками

3,76 KB ОЗУ. Сканирование всех каналов проводилось с частотой примерно 6 Гц при частоте ядра ARM 72 МГц.

Заключение

Развивая тему, можно сконструировать сложные узлы, в отличие от обладающих минимальным функционалом узлов экспериментальной установки, способные передавать значение физической величины на датчике или обладающие другими дополнительными функциональными возможностями, а собранная экспериментальная установка только подтвердила возможности описанного принципа передачи данных.

Из особенностей можно отметить ограничение по количеству узлов, определяемое увеличением ёмкости линии из-за разделительных конденсаторов, и ограничение по силе тока индуктивностей применяемого порядка. Справедливы и особенности для обычных аналоговых линий связи (такие как затухание, волновое сопротивление и эхо [1, с. 234]), в частности, свойственных похожей

по принципу действия ADSL, длина которой обычно исчисляется километрами.

Возможна и передача цифрового сигнала между двумя микроконтроллерами по этой же линии. Каждый узел микроконтроллера тогда будет содержать и схему узла с датчиком, но генерировать прямоугольный сигнал будет сам микроконтроллер. За счёт увеличения точности генерации частоты увеличится спектральная плотность таких каналов и пропускная способность может быть приемлемой для современных цифровых систем. Такой принцип используется при частотном разделении каналов и OFDM, нашедших применение в таких технологиях, как ADSL, WiFi, WiMax, LTE, телерадиовещании и т. д.

Список литературы

- 1. Трохименко Я. К., Любич Ф. Д. Радиотехнические расчеты на микрокалькуляторах: Справочное пособие. М.: Радио и связь, 1983. 256 с., ил.
- 2. Андреев С. А., Воробьев В. А., Матвеев А. И. Снижение энергопотребления телеметрическими системами сельскохозяйственного назначения // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. No 1(89). С. 60-65.
- 3. Иванов, Ю. Б. Моделирование процесса передачи импульсов по несогласованной линии связи и питания датчиков // Информационные системы и технологии. 2015. No 6(92). С. 88-96.
- 4. Иванов Ю. Б., Казачкин А. В. Система распределенного контроля по двухпроводной линии связи и питания // Современные материалы, техника и технологии. -2015. No 3. C. 113-118.
- 5. Power Line Communication Using RS-485 Simulation Reference Design [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ti.com/lit/ug/tiduei9/tiduei9.pdf, свободный (11.06.2021).
- 6. A Quick Sine Wave Generator [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ti.com/lit/wp/snoa839/snoa839.pdf, свободный (11.06.2021).
- 7. AN-263 Sine Wave Generation Techniques [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ti.com/lit/an/snoa665c/snoa665c.pdf, свободный (11.06.2021).

DC POWER-LINE COMMUNICATION DATA COLLECTION SYSTEM WITH ANALOG NODES

A.D. Shakirov

Udmurt State University, 426034 Russia, Izhevsk, Universitetskaya, 1 e-mail: artdmshakirov@gmail.com

The development of nodes for a DC line is considered. The experimental setup consists of data acquisition nodes with minimal functionality for tracking a single environmental factor for exceeding the threshold value, microcontroller node and a power supply node. Harmonic signals of 60-90 kHz from nodes with sensors are simultaneously fed to the line and read from it through the separation capacitors, and direct current - through the inductors. For signal recognition in the experimental setup, the Goertzel [1] algorithm is used. Examples of application of the development: in greenhouses, personal subsidiary farms and heating mains for the detection of emergency situations and the increased influence of negative factors.

Keywords: power-line communication, direct current, telemetry, analog signal, sensors, digital signal processing, Goertzel algorithm.

Раздел II Техносферная безопасность

УДК 621.39; 654.9

ПРИМЕНЕНИЕ ДОМОФОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПОВЕЩЕНИЯ И ИНФОРМИРОВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

С.М. Копелев

Удмурсткий Государственный Университет, г. Ижевск, Россия e-mail: john@zo4.ru

В статье раскрыты актуальные вопросы, связанные с оповещением и информированием населения при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций. Обзор использования домофонных систем, структурные схемы и принципы построения. Освещён вопрос использования домофонных систем для оповещения и информирования населения, проживающего в многоквартирных домах, и существующее решение на базе аппаратнопрограммного комплекса Тедофон.

Ключевые слова: Технические средства оповещения, проводное вещание, система домофонной связи, тедофон, система оповещения, умный домофон.

Введение

Одним из основных средств оповещения и информирования населения является проводное радиовещание, по некоторым данным проводное вещание охватывало до 90% населения. Однако с развитем технологий понулярность радио падает и количество абонентов тоже падает. Проводным радио охвачены не более 5,8 процента населения, а в некоторых регионах радиосети попросту демонтировали [1]. Сохраняется тенденция к сокращению количества абонентов и очень низкий охват оповещением населения с использованием приёмников проводного вещания, фактически сети проводного радиовещания перестали быть инфраструктурой системы оповещения населения.

Между тем, установку домофонных систем, начиная с 1990 года регламентируют строительные нормы для вновь строящихся, реконструируемых и капитально ремонтируемых жилых и общественных зданий в городских и сельских поселениях [2]. Домофонные системы не теряют своей актуальности и активно используются повсеместно, а современное развитие технических средств позволяет рассматривать их для применения в системах оповещения и информирования населения.

Актуальные домофонные системы

До массового распространения домофонов, вы могли придти в гости и чтобы не заходить в подъезд и не подниматься к товарищу — покричать его или покидать камушки в окно, а товарищ мог скинуть ключи от входной двери или прокричать код от входа в подъезд, с появлением высотных зданий это делать стало крайне проблематично. Так возникла потребность для технологического решения, которое стало «домофоном». Чаще всего люди незнакомые с домофонными системами называют вызывную панель «домофоном» и это не верно. Вызывная панель это элемент «домофона», которая обычно включает в себя клавиатуру, дисплейный индикатор набора, считыватель ключей, микрофон и динамик. В некоторые вызывные панели может быть встроена видеокамера или блок управления. «Домофон» или как более правильно, домофонная система включает в себя следующие основные компоненты:

- блок коммутации
- блок управления
- домофонная линия связи
- квартирные переговорные устройства
- уличная вызывная панель
- управляемый замок и доводчик на двери

Также следует разделять понятие «домофон» на:

- домофонная связь как услуга включающая в себя набор функций для связи посетитель-абонент, дистанционного открывания входной двери посетителю.
- домофонная система как автономный комплекс технологически связанных между собой конструкций, элементов, устройств, кабельных линий, проводов, приборов и другого оборудования, предназначенного для оказания услуги домофонной связи и ограничения прохода посторонних.

Домофонные системы могут быть разными «цифровыми» или «аналоговыми», дополнительно могут быть оснащены видео связью и включать в себя пульт консьержа или вызывные панели и дистанционно управляемые замки на калитках, но все они предназначены для осуществления услуг домофонной связи и создания комфортных и безопасных условий проживания в частном или многоквартирном доме. На входной двери устанавливаются

доводчик и электромагнитный замок. На неподвижную створку двери или рядом с дверью устанавливается вызывная панель. В квартирах устанавливают квартирные переговорные устройства в виде трубок или видеопанелей и подключают через домофонную линию связи к блоку коммутации. Домофонная система полностью автономна и не связанна с линиями связи телефонии или сети интернет. При наборе номера квартиры сигнал передаётся в блок коммутации, который уже подключает домофонную линию связи и соединяет с квартирным переговорным устройством.

Существует некоторое разнообразие технических средств и технологий применяемых при построении домофонных систем, условно их разделяют по количеству абонентов, на:

- одноабонентские, предназначены для частного дома
- малоабонентские, предназначены для нескольких квартир
- многоабонентские, предназначены для подъездов многоэтажных и многоквартирных домов

По способу связи и адресации подразделяют на:

- цифровые
- координатно-матричные («аналоговые»)
- ІР-домофоны
- другие

Координатно-матричные домофонные системы иногда называют «аналоговыми», хотя по факту они вовсе не аналоговые. На рисунке 1 показана обобщённая структурная схема координатноматричного видео-домофона. Функциональные возможности современных «цифровых» и «аналоговых» домофонных систем одинаковые. Блок управления и блок коммутации содержат микроконтроллеры и осуществляют цифровую обработку сигналов. Их основное различие состоит в способе организации магистральной линии связи и применяемых квартирных переговорных устройствах (УКП).

Многоабонентские «цифровые» домофонные системы получили меньшее распространения в силу определённых технических сложностей возникающих в процессе эксплуатации, большей стоимости установки и больших эксплуатационных расходах, при меньшей надёжности чем у координатно-матричных. Однако, следует отметить, что они применяются при организации малоабонентских домофонных систем или в случае необходимости быстрого монтажа и меньшего количества используемых магистральных кабельных линий. Эти линии прокладываются слаботочным двужильным

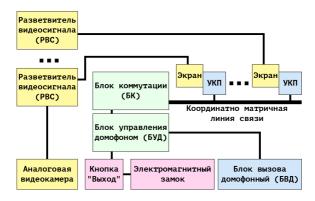


Рисунок 1 — Координатно-матричная видео-домофонная система

или четырёхжильным проводом от блока коммутации, чаще всего совмещённого с блоком управления домофоном. Подключение всех абонентских УКП осуществляется параллельно с соблюдением полярности подсоединения. На монтажной плате каждого абонентского устройства механическим многопозиционным переключателем или перемычками устанавливается номер для вызова этого устройства. Блок коммутации при вызове УКП формирует сигнал с указанием адреса требуемого абонентского устройства.

В координатно-матричных домофонных системах для организации магистрали применяется многожильный провод и координатно-матричный способ адресации абонентского устройства. Абонентские УКП простые по схемотехнике, имеют меньшее количество элементов и не требуют индивидуальной настройки. Подключение абонентских устройств производится двужильным проводом к соответствующим линиям магистрали, таким образом задаётся адрес абонентского устройства. Например, для адресации 20 абонентских устройств требуется 12-ти жильный провод, где десять жил задают разряд единиц и две жилы десяток, а для адресации 100 абонентских устройств требуется два 10-ти жильных провода. Подсистема передачи видеоизображения от входной группы, чаще всего от аналоговой видеокамеры встроенной в блок вызова, выполняется отдельно и позволяет устанавливать абонентские устройства как со встроенным дисплеем, так и без него. Включение экрана абонентского устройства происходит автоматически при поступлении вызывного сигнала, либо в ручную.

Организация домофонных систем специализированными техническими устройствами, является наиболее востребованным ре-

шением, но не единственным возможным. На рисунке 2 показана обобщённая структурная схема системы на базе IP-телефонии.



Рисунок 2 — IP-домофон, домофонная система на базе IP-телефонии

Фактически система домофонной связи, при таком способе организации, предполагает дополнение существующей IP-телефонии подключением ІР-панели. Чаще всего ІР-панель это просто ІРтелефон в антивандальном исполнении с возможностью дистанционного управления реле замка. Для открытия двери отправляется тональный сигнал (DTMF), который воспринимается вызывной панелью как сигнал управления реле. Абонентскими устройствами выступают обычные или специализированные ІР-телефоны. Данный способ организации актуален при существующей системе ІРтелефонии на предприятии или в офисном-центре, в которых есть специалисты для обслуживания локальной сети и существует уже используемая и обслуживаемая IP-ATC. Организация локальной вычислительной сети, локальной системы ІР-телефонии и применение для этого дорогостоящего оборудования с целью организации системы домофонной связи в многоквартирном доме абсолютно не целесообразно. Подключение ІР-панели напрямую к сети Интернет не только несёт большой риск отказа и как следствие, например, блокирования входа и невозможности осуществления прохода, но и потенциальную угрозу безопасности как жильцам дома, так и обществу в целом. Например, осуществление через неё вызовов в общую сеть телефонной связи, из хулиганских целей или для телефонного мошенничества. Следует отметить, что разработка и производство вызывных IP-панелей более дорогостоящее и не может конкурировать со специализированными домофонными блоками вызова по стоимости, поэтому зачастую производители экономят на всех этапах разработки и производства. В результате экономии страдает не только качество и надёжность конечного устройства, но что более важно, принципиальная проработка конструктивных параметров, аппаратной и программной части. Экономия на оборудовании и обслуживании может обернутся трагедией [3]. Применение дорогостоящих вызывных IP-панелей оправдано при организации одноабонентских домофонных систем, например в частном доме.

Применение домофонных систем для оповещения

На сегодня существующие системы оповещения населения нуждаются в серьёзной модернизации. При использовании применяемых способов оповещения большая часть населения может не услышать сигнал тревоги [4]. Особенно это актуально в ночное время, когда большинство людей находятся в помещении и оповещение по телевидению или путем SMS-рассылки невозможно. Использование домофонных систем для трансляции сигналов оповещения существенно повысит эффективность системы оповещения населения [5]. Вопрос возможности применения домофонных систем для оповещения населения, рассматривается уже более 10 лет, однако существует ряд технических сложностей, требующих модификации существующих домофонов. Были попытки модификации путём добавления различных дополнительных блоков, и использования сетей мобильной связи, но они показали крайне низкую надёжность. Липецкая область стала первым регионом России, где стала массово применятся система домофонной связи для оповещения населения [6]. Система домофонной связи строится на базе аппаратно-программного комплекса Тедофон, который разработан специально для решения задач оповещения и экстренной связи. На рисунке 3 показана обобщённая структурная схема подсистемы домофоной связи тедофона.

АПК Тедофон позволяет с минимальными затратами произвести модернизацию существующей координатно-матричной домофонной системы без замены уже применяемых вызывной панели, линий связи, квартирных устройств. При модернизации, домофонные блоки коммутации и управления заменяются на блок коммутации управления и связи (БУКС) из состава АПК Тедофон, к нему подключаются проложенные линии связи. Подключение к защищённой сети передачи данных позволяет тедофону применяться в системах оповещения и информирования населения в качестве специального оконечного средства оповещения [7]. БУКС обеспечивает приём команд и информации оповещения, проводное вещание и автоматическую трансляцию речевого сигнала опо-

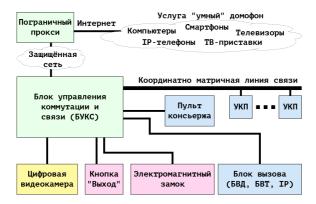


Рисунок 3 — Организации подсистемы домофоной связи

вещения через абонентские переговорные устройства (квартирные трубки) без их съёма с трубкодержателя. Некоторые параметры технической реализации, в части оповещения и информирования населения, с сохранением всех функций домофонной системы:

- непрерывная круглосуточная работа, автоматический переход на работу от встроенного источника резервного питания обеспечивает работу в дежурном режиме более 24 часов, а в режиме непрерывного вещания более 1 часа;
- приём команд управления «сиренное оповещение», «речевое оповещение» и «сброс» с запуском соответствующего алгоритма оповещения, автоматическое формирование и передача подтверждений о принятых сигналах оповещения;
- доведение (приём, усиление, трансляция) до населения речевых сообщений с микрофона или предварительно записанных, возможность общего, группового, выборочного, индивидуального задействования блоков, исполнительных устройств;
- возможность использования нескольких каналов связи для получения сигналов оповещения и речевой информации;
- автоматический запуск оповещения при срабатывании пожарной сигнализации или сигнальных датчиков и передача сообщений в системы мониторинга или ДДС;
- ручной и автоматический самоконтроль состояния оборудования, работоспособности узлов и блоков, каналов связи, линий проводного вещания, исполнительных и абонентских устройств;

Кроме стандартных функций домофонных систем, функций оповещения и информирования населения, в тедофоне реализованы и другие функции, для обеспечения безопасности жильцов. Например, вызов оперативных диспетчерских служб с вызывной панели или абонентского устройства, возможность трансляции видео вызывной панели для экстренных служб, служб пожарной безопасности и эксплуатации здания. Для повышения комфорта тедофон позволяет реализовать услугу «умный» домофон, без ущерба для функционирования и безопасности [8].

Работоспособность АПК «Тедофон» проверена и подтверждена протоколами технических испытаний и государственными испытаниями. Благородя широкому спектру функций тедофон успешно применяется при построении различных систем. В городе Липецк при построении комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности [9]. В Курской области [10], как способ оповещения о чрезвычайной ситуации. В городе Новомосковск в качестве подсистемы ЕДДС «умного» города [11]. Введён в промышленную эксплуатацию г. Горно-Алтайск [12] в подсистеме комплексного информирования и оповещения в рамках АПК «Безопасный город»

Заключение

Проводное радиовещание практически прекратило своё существование и домофонные системы являются хорошей заменой в связи с массовым использованием, практически все многоквартирные дома в России оснащены домофонами. Большинство используемых домофонных систем, являются многоабонентскими координатноматричными. Их применение для целей оповещения и информирования не возможно без модернизации, добавление различных блоков приводит к снижению надёжности и повышению эксплуатационной стоимости. Использование тедофона, позволяет задействовать домофонные лининии связи при угрозе или возникновении чрезвычайной ситуации и осуществлять проводное вещание с целью оповещения и информирования населения. Постоянный контроль целостности линий связи переговорных трубок, встроенная система бесперебойного питания обеспечивают надёжность тедофона в чрезвычайных ситуациях и гарантированное оповещение. Поквартирное оповещение является единственным работоспособным вариантом оповещения жителей многоквартирного дома.

Список литературы

- 1. Кудрин ставит радиоточку // Российская газета Федеральный выпуск № 193(7951), 29.08.2019. https://rg.ru/2019/08/29/schetnaia-palata-za-radiotochki-v-domah-berut-slishkom-mnogo.html
- 2. Устройства связи, сигнализации и диспетчеризации инженерного оборудования жилых и общественных зданий. Нормы проектирования // Ведомственные строительные нормы. BCH 60-89. https://docs.cntd.ru/document/1200003317
- 3. Илюхина, О. Н. Действие электрического тока при касании консоли управления домофона на организм ребенка со смертельным исходом / О. Н. Илюхина, С. В. Филин, А. Г. Калдыбаева // Медицинская экспертиза и право. − 2015. − № 3. − С. 44-46.
- Копелев, С. М. О системах оповещения в городе Ижевске / С. М. Копелев // Технологическое предпринимательство, коммерциализация результатов интеллектуальной деятельности и трансфер технологий: Материалы I Всероссийской научнопрактической конференции, Пермь, 12 ноября 2020 года. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2021. – С. 358-362.
- 5. Левчук М. С. Домофон как способ оповещения о ЧС // Журнал «Системы безопасности» № 1, 2013. http://secuteck.ru/articles2/firesec/domofon-kak-sposobopovescheniya-o-chs
- 6. Михаил Салфетников: в Липецкой области стали информировать об угрозе ЧС по домофонам // TACC, Безопасная жизнь, 10 дек/ 2015. https://tass.ru/mchs/2515197
- 7. ГОСТ Р 42.3.01-2014. Гражданская оборона. Технические средства оповещения населения. Классификация. Общие технические требования.
- 8. В городах России появятся умные домофоны // МЧС Медиа, 02.08.2016. http://www.mchsmedia.ru/focus/item/6513263
- 9. Липецкий опыт внедрения комплекса «Безопасный город» был отмечен в Сочи // Липецкое время, 03.03.2017. http://lipetsktime.ru/news/society/lipetskiy_opyt_vnedreniya_kompleksa bezopasnyy gorod byl otmechen v sochi/
- 10. Домофон как способ оповещения о чрезвычайной ситуации // Официальный сайт Администрации Курской области. 23.08.2017. https://adm.rkursk.ru/index.php

- 11. Новомосковск становится «умным» городом // Первый Тульский. 06.02.2020. https://ltulatv.ru/novosti-reportazhi/132305-novomoskovsk-stanovitsya-umnym-gorodom.html
- 12. «Ростелеком» внедрил «Безопасный город» в Сибири // Российская газета. 25.05.2018. https://rg.ru/2018/05/25/regsibfo/rostelekom-vnedril-bezopasnyj-gorod-v-sibiri.html

APPLICATION OF INTERCOM SYSTEMS FOR EMERGENCY WARNING AND INFORMING THE POPULATION

S.M. Kopelev

Udmurt State University, 426034 Russia, Izhevsk, Universitetskaya, 1 e-mail: john@zo4.ru

The article reveals topical issues related to warning and informing the population in the event of a threat and emergencies. An overview of the use of intercom systems, structural diagrams and principles of construction. The issue of using intercom systems for alerting and informing the population living in apartment buildings and the existing solution based on the Tedofon hardware and software complex is highlighted.

Keywords: Technical means of emergency notification, wire broadcasting, intercom system, tedofon, emergency alarm system, smart intercom.

УДК 614.841

ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ТЕРРОРИСТИЧЕСКОГО АКТА НА ОБЪЕКТЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

B.M. Колодкин, A.B. Радикова Удмурсткий Государственный Университет, г. Ижевск, Россия e-mail: kolodkin@rintd.ru, anna.radikova.ar@gmail.com

Статья посвящена оценке последствий взрыва конденсированного взрывчатого вещества в результате террористического акта на объекте топливно-энергетического комплекса – котельной. Приведены результаты расчетов зон поражения персонала объекта и социальных потерь в результате акта незаконного вмешательства.

Ключевые слова: объект топливно-энергетического комплекса, котельная, террористический акт на котельной, взрыв конденсированного взрывчатого вещества

Введение

Обеспечение безопасности объектов топливно-энергетического комплекса — одна из наиболее приоритетных задач в области техносферной безопасности РФ. Это обусловлено значительными социально-экономическими последствиями аварий на таких объектах, в том числе нарушением жизнедеятельности населения.

С целью предупреждения возникновения неблагоприятных событий, обеспечения устойчивого и безопасного функционирования таких объектов разрабатывается паспорт безопасности объекта топливно-энергетического комплекса [1] — документ, содержащий информацию об обеспечении антитеррористической защищенности объекта топливно-энергетического комплекса и план мероприятий по обеспечению антитеррористической защищенности объекта. В нем отражаются характеристика объекта, прогнозируемые последствия актов незаконного вмешательства, инженерно-технические средства и меры по обеспечению безопасности и другие сведения.

Основная часть

Как правило, режим работы промышленной котельной — круглосуточный, опасное вещество — природный газ, корпус здания котельной выполнен из кирпича с толщиной стен

500 мм, водогрейные и паровые котлы железобетонной сборки функционируют за счет сжигания газа, усредненное значение наибольшей работающей смены котельной — 10 человек (мастера, операторы, слесари).

Выход из строя котельных может быть обусловлен следующими факторами:

- 1) Наличие на объекте воспламеняющегося газа под давлением создает опасность выброса опасного вещества при аварийной разгерметизации газопровода.
- 2) Использование оборудования с дефектами или старого оборудования может привести к разгерметизации оборудования, которое приведет к возникновению и развитию аварий.
- 3) Наличие в котельной процессов выработки пара, при котором возможно разрушение котла с дальнейшей утечкой газа.

Возможные причины аварий в котельной:

- Ошибки персонала при ведении технологического процесса (ошибки при строительстве, несвоевременное проведение диагностики и ремонта).
- Превышение давления в трубопроводе сверхдопустимого.
- Отказы трубопроводов, арматуры и разъемных соединений из-за дефектов изготовления, механических повреждений, коррозии.
- Механическое разрушение газопровода при строительных работах.
- Террористическое вмешательство, вандализм, преднамеренные действия.
- Экстремальные природные воздействия: бури, ураганы, град, ливни, сильные длительные морозы.

Рассматривая террористический акт, полагаем, что модель нарушителя— одиночный нарушитель. В этом случае наиболее вероятный сценарий незаконного вмешательства— взрыв 10 кг ВВ в тротиловом эквиваленте на территории котельной. Вариантов размещения ВВ в здании котельной много, но наиболее неблагоприятные последствия взрыва наступят при размещении ВВ внутри помещения котельной в центре котельного зала.

Действительно, при этом достигается максимальная площадь разрушения здания. Такое расположение объясняется тем, что взрыв в указанном месте приведет к разрушению здания, оборудования и гибели людей. Последствия взрыва 10 кг ВВ в

тротиловом эквиваленте превосходят последствия последующего горения газо-воздушной смеси (факельное горение), поэтому в оценку последствий несанкционированных действий последствия факельного горения не включены.

Если рассматриваются последствия взрыва конденсированного ВВ, то очевидно, что приемлемая для практики точность расчетов, обеспечивается применением автомодельного решения задачи распространения ударной волны в среде с противодавлением в приближении Садовского М.А. [2]. Для математического описания процесса распространения ударной волны в атмосфере при взрыве используем модель точечного взрыва. Взрыв происходит на плоской поверхности раздела между газом (воздухом) и деформируемой средой. Воздушная среда приближается моделью невязкого, нетеплопроводного газа с показателями адиабаты γ . Ударная волна распространяется в полуограниченном пространстве с начальной плотностью ρ_0 и давлением P_0 при наличии противодавления.

Данная модель предполагает, что выделение энергии при взрыве происходит за кроткий промежуток времени в относительно небольшой области пространства. Таким образом, возникает идеализированное представление о мгновенном точеном взрыве как о движении газа, которое вызвано мгновенным выделением конечной энергии в некоторой точке.

Математическая модель неустановившегося одномерного движения газа в переменных Эйлера формулируется в сферической системе координат [3]. Модель включает уравнение сохранения импульса, уравнение неразрывности, уравнение сохранения энергии формулы (1, 2, 3).

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial \rho}{\partial r} + \rho \cdot \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{2\rho u}{r} = 0, \tag{1}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial \rho}{\partial r} = 0, \tag{2}$$

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial \rho}{\partial r} + \gamma \cdot p \cdot \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{2 \cdot \gamma \cdot p \cdot u}{r} = 0.$$
 (3)

Система уравнений математической модели дополняется условиями адиабатичности течения и краевыми условиями. Граничное условие в центре (r=0) имеет вид u=0. Граничное условие на фронте ударной волны $(r=\phi(t))$:

$$p = \frac{1}{4} \left[(\gamma + 1) \cdot u^2 + u \cdot \sqrt{(\gamma + 1)^2 \cdot u^2 + 16 \cdot \gamma} \right], \tag{4}$$

$$\rho = \frac{(\gamma + 1) \cdot p + (\gamma - 1)}{(\gamma + 1) + (\gamma - 1) \cdot p},\tag{5}$$

$$D = \left\lceil \frac{(\gamma+1) \cdot p + (\gamma-1)}{2} \right\rceil^{\frac{1}{2}},\tag{6}$$

где p, ρ, u — давление, плотность, скорость звука не возмущенного газа, D — скорость ударной волны.

Для решения уравнений используется метод конечных разностей, который удовлетворительно описывает процесс неустановившегося одномерного движения газа, за исключением начальных стадий взрыва. Для определения характеристик движения газа на начальной стадии взрыва используется ленианизированное решение. При больших временах используются асимптотические законы затухания ударных волн.

В результате решения приходим к пространственно временным газодинамическим функциям точечного взрыва, которые характеризуют распространение ударной волны в атмосфере. В частности, находим функцию избыточного давления на фронте ударной волны в зависимости от расстояния от места взрыва. Результаты численного решения данной задачи представлены в литературе. Например, в работе [4]. Для аппроксимации избыточного давления на фронте ударной волны $\Delta P(R)$, МПа использовали выражения, предложенные М.А. Садовским [2]:

$$\Delta P(R) = \frac{0.084}{R_n} + \frac{0.27}{R_n^2} + \frac{0.7}{R_n^3},\tag{7}$$

$$R_n = \frac{R}{\sqrt[3]{C}},\tag{8}$$

где R — расстояние от эпицентра, м, — масса BB в тротиловом эквиваленте, кг.

Мощность контактного взрыва на неразрушаемой преграде удваивается в связи формированием полусферической волны. Поэтому величина тротилового эквивалента заряда ВВ увеличивается в два раза.

Детальное описание метода расчета с примерами прогнозирования последствий, представлено в [5].

Используя метод Садовского М.А. для расчета избыточного давления на фронте ударной волны в открытом пространстве, приходим к верхней оценке избыточного давления на фронте ударной волны (таблица 1).

Таблица 1 — Зависимость давления на фронте ударной волны от расстояния

	TT /		TT <
Расстояние, м	Избыточное	Decement	Избыточное
	давление, кПа	Расстояние, м	давление, кПа
1	16217,38	12	40,91
2	2361,34	13	35,68
3	815,56	14	31,53
4	400,08	15	28,19
5	237,17	16	25,43
6	158,07	17	23,14
7	113,98	18	21,20
8	86,92	19	19,55
9	69,09	20	18,12
10	56,69	30	10,32
11	47,68	45	6,20

В соответствии с [2] и [6] для кирпичных бескаркасных производственно-вспомогательных зданий с перекрытием из железобетонных сборных элементов одно- и многоэтажных сооружений (таблица 2) следует:

- при давлении 45-60 кПа полное разрушение;
- при 30-45 кПа сильное разрушение;
- при 20-30 к Πa среднее разрушение;
- ullet при 10-20 к Πa слабое разрушение.

Из таблицы 1 следует, что полное разрушение конструкций сооружения произойдет в радиусе $11\,$ м, сильное разрушение конструкций — в радиусе $14\,$ м, среднее — в радиусе $19\,$ м и слабое — в радиусе $30\,$ м.

В здании будут различные степени разрушения, от полного разрушения до слабого. Соответственно, в здании необходимо выделить различные степени поражения. При этом нужно иметь в виду, что поражение людей будет обусловлено не только действием ударной волны, но и воздействием разрушаемых конструкций здания.

Таблица 2 — Характеристика степеней разрушения зданий

Степень разрушения	Характеристика разрушения		
Слабое	Частичное разрушение внутренних перего-		
	родок, кровли, дверных и оконных коробок,		
	легких построек и др. Основные несущие		
	конструкции сохраняются		
	Разрушение меньшей части несущих		
	конструкций. Большая часть несущих		
	конструкций сохраняется и лишь частично		
	деформируется. Может сохраняться часть		
Среднее	ограждающих конструкций – стен, однако		
	при этом второстепенные и несущие		
	конструкции могут быть частично разру-		
	шены. Здание выводится из строя, но		
	может быть восстановлено		
	Разрушение большей части несущих		
	конструкций. При этом могут сохраняться		
	наиболее прочные элементы здания, кар-		
	касы, ядра жесткости, частично стены и		
Сильное	перекрытия нижних этажей. При сильном		
CHIBNOC	разрушении образуется завал. Восста-		
	новление возможно с использованием со-		
	хранившихся частей и конструктивных		
	элементов. В большинстве случаев вос-		
	становление нецелесообразно		
	Полное обрушение здания, от которого		
	могут сохраниться только поврежденные		
Полное	(или неповрежденные) подвалы и незначи-		
TIOTHIOC	тельная часть прочных элементов. Образу-		
	ется завал. Здание восстановлению не		
	подлежит		

Введем частотный множитель K_i , связывающий степень поражения человека в здании (летальный исход) в зависимости от степени разрушения здания. Если обозначить за S_i площадь зоны разрушения, то количество пораженных людей (летальный исход) в зоне N_i составит:

$$N_i = \frac{N}{S} \cdot K_i \cdot S_i. \tag{9}$$

Для количества травмированных i в і-ой зоне, если частотный множитель L^i , связывающий степень поражения человека (травмированный человек) в здании в зависимости от степени разрушения здания:

$$M_i = \frac{N}{S} \cdot L_i \cdot S_i. \tag{10}$$

В этих выражениях: N=10 человек — численность обслуживающего персонала в котельной, $S=2200 {\rm m}^2$ — предполагаемая площадь котельной, соответствующая площади здания с размерами $(100\cdot 22~{\rm m})$.

Результаты расчетов ущерба в отношении персонала объекта ТЭК представлены в таблице 3.

ΔP ,	Степень	р	S_i , M^2	V	Т	N_i ,	M_i ,
кПа	разрушения	R, м	β_i , M	K_i	L_i	чел.	чел.
45-60	Полное	11	380	0,95	0,05	1,64	0,09
30-45	Сильное	14	165	0,85	0,15	0,64	0,11
20-30	Среднее	19	171	0,50	0,50	0,39	0,39
10-20	Слабое	30	155	0,05	0,95	0,03	0,67
ИТОГО УЩЕРБ ПРИ ВЗРЫВЕ:					2,70	1,25	

Таблица 3 — Социальный ущерб

Заключение

Таким образом, при взрыве в здании котельной ТЭК математическое ожидание потерь из обслуживающего персонала: 2,7 летальный исход (3 человека); 1,25 с травмами различной степени тяжести (2 человека).

Разрушительное действие взрыва за пределами здания котельной окажется незначительным и может привести лишь к разрушению остекления в зданиях (сооружениях) находящихся поблизости. Распространение ударной волны по грунту минимальное и не приведет к повреждению зданий (сооружений), находящихся поблизости.

Список литературы

 Федеральный закон от 21.07.2011 № 256-ФЗ (ред. от 24.04.2020) «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса».

- 2. Котляревский В.А. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Книга 1 / В.А. Котляревский, К.Е. Кочетков, А.А. Носач, А.В. Забегаев и др. Под ред.: К.Е. Кочеткова, В.А. Котляревского и А.В. Забегаева, М., Издательство АСВ, 1995. 320 с.
- 3. Станюкевич К.П. Неустановившиеся движения сплошной среды / К.П. Станюкевич, М., «Наука», 1971.
- 4. Кестенбойм Х.С. Точечный взрыв. (Методы расчета. Таблицы). / Х.С. Кестенбойм, Г.С. Росляков, Л.А. Чудов, М., «Наука», 1974.
- 5. Колодкин В.М. Информационные технологии в прогнозировании последствий аварий и рисков / сост. Колодкин В.М. Галиуллин М.Э., Александрович А.Н., Варламова Д.М. Ижевск: Изд. центр «Удмуртский университет», 2021. 57 с. http://elibrary.udsu.ru/xmlui/handle/123456789/20148
- 6. ГОСТ Р 42.2.01-2014 Гражданская оборона. Оценка состояния потенциально опасных объектов, объектов обороны и безопасности в условиях воздействия поражающих факторов обычных средств поражения. Методы расчета.

ASSESSMENT OF THE CONSEQUENCES OF THE TERRORIST ATTACK AT THE BOILER ROOM

V.M. Kolodkin, A.V. Radikova

Udmurt State University, 426034 Russia, Izhevsk, Universitetskaya, 1 e-mail: kolodkin@rintd.ru, anna.radikova.ar@gmail.com

The article is devoted to the assessment of the consequences of the explosion of a condensed explosive as a result of a terrorist act at a fuel and energy complex - a boiler house. The results of calculations of the affected areas of the facility personnel and social losses as a result of an act of unlawful interference are presented.

Keywords: a fuel and energy complex, a boiler house, a terrorist act at a boiler house, an explosion of a condensed explosive.

УДК 614.841

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ПО РАСЧЕТУ КАТЕГОРИЙ ПОМЕШЕНИЙ ПО ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

 \mathcal{A} .M. Bарламова, M. \mathcal{A} . Γ алиуллин Удмурсткий Государственный Университет, г. Ижевск, Россия e-mail: dina@rintd.ru, m.a.galiullin@gmail.com

Статья посвящена разработке веб-приложения по расчету категорий помещений по пожарной опасности. Представлено описание данного веб-приложения, входные параметры. Веб-приложение состоит из двух частей: клиентской и серверной.

Ключевые слова: веб-приложение, категорирование помещений, пожарная опасность, расчет категорий

Введение

Согласно нормативным документам [1,2], на каждое помещение, в котором хранятся взрывопожароопасные и пожароопасные вещества, следует выполнить расчет категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.

Для выполнения расчетов и определения категорий помещения разработаны программы, программные комплексы. Стоимость программных продуктов варьируется от 12000 до 90000 тысяч рублей, также при установке программ следует учитывать характеристики компьютера.

В настоящее время разрабатываются веб-приложения по расчету категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности. Преимущества веб-приложений — не требуют установки на персональный компьютер, расчеты можно будет выполнять и с мобильного устройства. Для работы в веб-приложении будут необходимы только браузер и интернет. Внесение обновлений в приложении осуществляются автоматически. Стоимость веб-приложений ниже, чем стоимость программных комплексов.

Основная часть

На основе нормативных документов было разработано вебприложение «Расчет категорий помещений по пожарной опасности», доступное по адресу https://rintd.ru/category. Сервис написан на языке JavaScript. Верстка страниц сервиса выполнена с использованием CSS-фреймворка Bootstrap, в соответствии с общим дизайном сайта rintd.ru.

На рисунке 1 представлено рабочее окно веб-приложения.

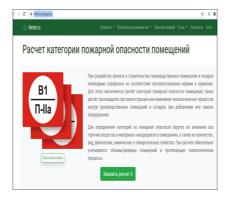


Рисунок 1 — Рабочее окно веб-приложения.

При определении категорий помещений учитываются:

- количество горючих материалов и веществ в помещении, низшая теплота сгорания данных веществ;
- площадь пожарной нагрузки в помещении;
- расстояние от горючих материалов до перекрытия.

На странице веб-приложения размещены часто задаваемые вопросы и ответы на данные вопросы:

- регламентирующие документы;
- для каких помещений и зданий необходим расчет категорий помещений по пожарной опасности;
- категории по пожарной опасности;
- пример расчета категории помещения по пожарной опасности;
- стоимость проведения расчета категорий по пожарной опасности помещения.

Используя веб-приложение, можно самостоятельно выполнить расчет категории помещения, для этого необходимо ввести данные по пожароопасным веществам в помещении и характеристики помещения, а также заказать расчет через данное приложение.

Данное веб-приложение состоит из клиентской части, с помощью которой пользователи смогут ввести все необходимые данные для выполнения расчетов; базы данных, в которой хранится информация по горючим веществам и их характеристики; серверной части, в которой выполняются расчеты и выводится результат. В клиентской части веб-приложения «Расчет категорий помещений по пожарной опасности» будут вводиться следующие данные:

- наименование помещения;
- описание конструктивных, объемно-планировочных и архитектурных (стены, перекрытие (потолок), пол);
- длина, ширина, высота помещения, м;
- площадь пожарной нагрузки, м²;
- расстояние от горючих материалов до перекрытия, м;
- количество горючих веществ в помещении;
- наименование горючего вещества и масса вещества, кг.

Наименование вещества можно выбрать из списка, представленного в клиентской части веб-приложения. Данные будут введены на клиентской части веб-приложения «Расчет категорий помещений по пожарной опасности» и переданы на серверную часть веб-приложения. Результат выполнения расчетной части выводится на экран. Вся работа выполняется на сервере, программу скачивать и устанавливать не надо, также не надо учитывать характеристики персонального компьютера пользователя при выполнении расчетов.

Заключение

В настоящее время веб-приложение работает в тестовом режиме. База данных будет дополнена горючими веществами. Веб-приложение «Расчет категорий помещений по пожарной опасности» позволит на месте с помощью мобильного устройства выполнить расчеты и определить категорию помещения по пожарной опасности.

Список литературы

- 1. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. М.: ВНИИПО МЧС России, 2009.
- 2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Poc. Федерации от 22.07.2008 № 123-ФЗ (дейст. ред. от 31.07.2018). URL:

 $\rm http://docs.cntd.ru/document/902111644$ (дата обращения: 10.04.2021).

WEB APPLICATION FOR CALCULATING CATEGORIES OF PREMISES BY FIRE HAZARD

D.M. Varlamova, M.En. Galiullin Udmurt State University, 426034 Russia, Izhevsk, Universitetskaya, 1 e-mail: dina@rintd.ru, m.a.galiullin@gmail.com

The article is devoted to the development of a web application for calculating the categories of premises by fire hazard. The description of this web application, input parameters is presented. The web application consists of two parts: the client and the server.

Keywords: web application, categorization of premises, fire hazard, calculation of categories.

УДК 621.317

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ПРОГРАММ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ С CFAST

A.B. Muxaйлова, Б.В. Чирков Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия e-mail: 23am06@mail.ru, b.v.chirkov@qmail.com

В данной работе рассматривается разработка комплекса программ, который предназначен для работы с программным комплексом CFAST. Разрабатываемые алгоритмы значительно упрощают работу с CFAST: табличный
способ создания цифровой модели здания заменяется графическим. Также
рассматривается алгоритм обхода ограничения CFAST — 100 помещений.
Для этого происходит автоматическое формирование набора файлов, где
часть помещений отбрасывается, а новая модель здания включается помещения наиболее подверженные опасным факторам пожара.

Ключевые слова: цифровая модель здания, моделирование пожара, CFAST, автоматизация процесса оценки развития пожара, генератор сценариев пожара

Введение

При возникновении пожара первостепенной задачей является сохранение жизни и здоровья людей, т.е. их эвакуация из здания. Он должна проходить быстро и, по возможности, безопасно, чтобы уменьшить риски для людей.

Регулирование движения людского потока может производиться как непосредственно ответственными лицами, так и с помощью автоматизированной системы, например, [1]. В настоящее время преобладает первое решение, но человек не может проанализировать и просчитать динамику развития пожара, поэтому важно оборудовать системы управления эвакуацией программным контролем [2].

Для определения безопасных путей эвакуации людей необходимо оценить динамику распространения опасных факторов пожара. Из полученной информации можно определить время блокирования участков путей движения. Участок считается заблокированным (непроходимым для людей) если хотя бы один из параметров достигает критического значения [3]: температура среды (70°С), тепловое излучение при длительном воздействии

 $(500~{\rm BT/m^2})$, содержание оксида углерода (0,1~%), содержание кислорода (менее 15%).

Провести оценку развития пожара в здании позволяет ряд специализированных программ: Fenix [4], Pyrosim [5], FireGuide [6], Urban [7], Фогард [8]. Данные программные продукты являются платными продуктами. Из бесплатных программ стоит отметить комплекс CFAST [9]. С помощью него можно провести оценку развития пожара и распространения продуктов горения в здании.

Стандартный инструмент формирования здания и сценария пожара — CEdit, поставляемый вместе с CFAST, имеет ряд недостатков:

- 1) ограничение для работы программы 100 помещений [10];
- 2) табличный ввод параметров помещений, т.е. все необходимые параметры задаются в программе по отдельности для каждого помещения.

Целью данной работы является разработка комплекса программ, которые устранили бы данные недостатки и автоматизировали процесс работы с CFAST.

Программа для создания цифровой модели здания

«Программа создания цифровой модели здания для поиска эксплуатационных ограничений» (рисунок 1) написана на языке программирования Python с использованием следующих библиотек: tkinter — для разработки графического интерфейса, PIL — для работы с изображениями.

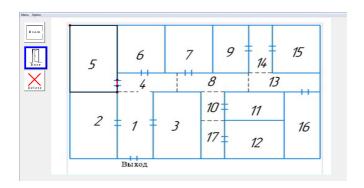


Рисунок 1 — Интерфейс программы

Программа предназначена для автоматизации работы создания цифровой модели здания. Ввод параметров помещений реализуется

путем создания алгоритма для быстрой «отрисовки» плана этажа в виде простых геометрических фигур:

- 1) помещения изображены в виде прямоугольников;
- 2) двери изображены в виде прямых линий.

Фигура строится по двум выбранным точкам, расположенным на диагонали помещения. Выбор прямоугольной формы основывается на возможностях CFAST. Разработанная программа работает по принципу «рисования» и требует минимум вводимых вручную данных. Программа автоматически определит координаты и размеры всех элементов.

Программа для работы с большими зданиями

Генератор сценариев пожара [11] написан на языке программирования Python с использованием следующих библиотек: networkx для работы с графами, matplotlib для визуализации графов.

Программа работает в 5 этапов:

- 1) загрузка документа в формате *.in (CFAST);
- 2) представление модели здания в виде графа;
- 3) выбор помещения отсчета;
- 4) выбор помещений наиболее подверженных воздействию опасных факторов пожара;
- 5) формирование нового файла для работы в CFAST.

На основе документа формируется список содержащий информацию: о помещениях (длина, ширина, высота, координаты), о переходах между ними и о параметрах источника возгорания.

На втором этапе по цифровой модели здания создается граф (рисунок 2).

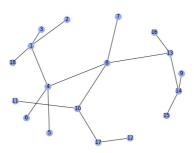


Рисунок 2 — Этаж здания в виде графа

Из-за ограничений CFAST (100 помещений) на третьем этапе в программе задается расположение источника и происходит отбор помещений в количестве $N \leq 100$. В начале каждой итерации происходит перемещение в одно из ближайших помещений по отношению к выбранному на предыдущем этапе. На каждой итерации запоминаются значения соседних комнат, размер проемов между ними и расстояние от источника до выбранного помещения. Оно выбирается:

- 1) если расстояние между источником и комнатой кратчайшее;
- если имеются комнаты с одинаковым расстоянием до источника, то записывается та, у которой размер проема больше.

Комнаты, записанные в итоговый документ, больше не проходят отбор. Далее происходит запись полученных данных в файл, который соответствует требованиям программы.

Полученный файл можно открыть в CFAST. На экране отобразится та часть здания, которая находится в зоне развития опасных факторов пожара (рисунок 3).

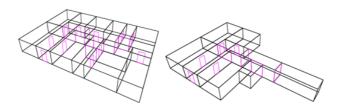


Рисунок 3 — Модель этажа здания после отбора

Заключение

В результате проделанной работы был разработан комплекс программ, который позволяет упростить процесс генерации и анализа сценариев развития пожара в программе CFAST. Изначально для формирования документа с параметрами здания требовался табличный ввод. Программа, предназначенная для создания цифровой модели, работает по принципу «рисования» и требует минимум вводимых вручную данных. Для работы в CFAST требуется определенное структурирование информации. Разработанный в ходе работы алгоритм сортирует и структурирует информацию автоматически.

Вторая программа (генератор сценариев пожара) с помощью алгоритма позволяет анализировать и отбирать помещения, которые наиболее подвержены опасным факторам пожара. В дальнейшем планируется связать данные программы для автоматизации процессов моделирования.

Список литературы

- Колодкин В.М., Чирков Б.В. Система адаптивного управления экстренной эвакуацией при пожаре в здании // Безопасность в техносфере. 2017. Т. 6. №. 4. С. 58-65. DOI: 10.12737/article 5a2907cc4f32d7.65348137.
- 2. Колодкин В.М., Чирков Б.В., Ушаков Д.Е. Повышение эффективности системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре в здании. В сборнике: Безопасность в техносфере. Сборник статей. Удмуртское региональное отделение Общероссийской общественной организации «Российское научное общество анализа риска»; ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет». 2018. С. 6-18.
- 3. С. Ф. Храпский. Прогнозирование опасных факторов пожара. Конспект лекций. ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет». Омск: Издательство ОмГТУ. 2012. Текст:непосредственный.
- 4. MST / Программы в сфере пожарной безопасности. URL: [https://mst.su] Текст: электронный.
- 5. FireCat / Программное обеспечение для расчетов в области пожарной безопасности. URL: [https://pyrosim.ru] Текст: электронный.
- 6. FireGuide / Комплекс программ по пожарной безопасности. URL: [http://fireguide.ru] Текст: электронный.
- 7. Urban / Программа для расчета пожарный рисков. URL: [https://urbanpo.ru] Текст: электронный.
- 8. Fogard / ON-LINE расчеты в области пожарной безопасности. URL: [http://fogard.ru] Текст: электронный.
- 9. National Institute of Standards and Technology /CFAST Consolidated Fire and Smoke Transport. URL: [https://pages.nist.gov/cfast/index.html] Текст: электронный.
- 10. Richard D. Peacock Paul A. Reneke Glenn P. Forney. CFAST Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 7) Volume 2: User's Guide. NIST Technical Note 1889v2. URL: [https://pages.nist.gov/cfast/manuals.html] Текст: электронный.

11. А. В. Михайлова, Б. В. Чирков. Автоматизация работы с большими зданиями в CFAST [Электронный ресурс] // Экология. Риск. Безопасность: материалы Всерос. науч.практ. конф. (29-30 окт. 2020 г.) / отв. ред. С. К. Белякин. — Курган: Изд-во Курган. гос. ун-та, 2020. — С. 359-360. - Библиогр.: с. 360 (6 назв.). — Лицензион. договор №163лб от 01.04.2021 (Интернет). — Режим доступа: http://elibrary.udsu.ru/xmlui/handle/123456789/20022...: РИНЦ

DEVELOPMENT OF A SET OF PROGRAMS FOR AUTOMATION OF WORK WITH CFAST

A.V. Mikhailova, B.V. Chirkov Udmurt State University, 426034 Russia, Izhevsk, Universitetskaya, 1 e-mail: 23am06@mail.ru, b.v.chirkov@gmail.com

In this paper, we develop a set of programs that is designed to work with the CFAST program. It allows you to analyze the dynamics of a fire in a building. The developed algorithms will significantly simplify the work with CFAST by automating some processes. Creating a digital model of a building will move from manually entering parameters to "drawing" rooms and openings. In order to circumvent the restrictions, CFAST will select rooms that are most susceptible to fire hazards.

Keywords: digital building model; fire simulation; CFAST; automation of the fire development assessment process; fire scenario generator

УДК 614.841.12

ТРЕБОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

O.A. Мокроусова, A.Ю. Моисеенко $\Phi\Gamma$ БОУ ВО Уральский институт $\Gamma\Pi$ С МЧС России, г. Екатеринбург, Россия e-mail: olgamokrousova@mail.ru

В статье рассматриваются требования пожарной безопасности при проектировании и строительстве высотных зданий, а также особенности пожарной опасности. Эти здания являются технологически сложными строительными сооружениями и относятся к объектам повышенного риска.

Ключевые слова: пожарная безопасность, высотные здания, противопожарная защита, огнестойкость.

Активный рост проектирования и строительства высотных зданий наблюдается во многих крупных городах России, что требует повышенного внимания со стороны строителей, проектных организаций и надзорных органов.

Сооружения высотой более 100 м относятся к числу сложных уникальных объектов. Пожары, происходящие в высотных зданиях, приводят к большим человеческим жертвам и крупному материальному ущербу. Ежегодно проводятся форумы, конференции и круглые столы, тематика которых тесно связана с вопросами разработки, усовершенствования и внедрения систем противопожарной защиты на объектах повышенной этажности. Актуальность обеспечения пожарной безопасности высотных зданий в настоящее время не вызывает сомнений.

К основным факторам, определяющим пожарную опасность высотных зданий, относятся: быстрое развитие и высокая скорость распространения пожара и его опасных факторов; большая протяженность путей эвакуации; трудоемкость подачи средств тушения на верхние этажи; сложность эвакуации людей. Происходит интенсивное задымление верхних этажей, поскольку для высотных зданий характерно быстрое развитие пожара по вертикали. Поэтому важно на стадии проектирования предусмотреть обеспечение противодымной защиты здания: системы подпоров воздуха в лестничные клетки, лифтовые холлы и шахты, тамбур-шлюзы, системы удаления дыма из коридоров каждого этажа и помещений подземных паркингов.

Для успешного тушения пожаров в таких зданиях требуется применение специальной техники, которой располагают не все подразделения пожарной охраны. Например, в Москве 2 апреля 2012 года произошел крупный пожар на 66-67-мых этажах в одной из строящихся башен «Восток» на территории Московского международного делового центра (ММДЦ) «Москва-Сити». К тушению пожара были привлечены четыре вертолета, оборудованные системами вертикального и горизонтального тушения. На сегодняшний день в Москве имеются подъемники с выдвижными механизмами до 90 метров и один — высотой 101 метр, который состоит в боевом расчете 207 поисково-спасательного отряда ГКУ «Пожарно-спасательный центр» по охране ММДЦ «Москва-Сити».

Для высотных зданий чрезвычайно важны эффективные решения по предотвращению пожаров и ограничению их развития, а также средства доступа пожарных подразделений на этажи (лифты, площадки на покрытии для вертолета, средства спасения с высотных уровней, средства индивидуальной защиты органов дыхания). Правильные технические решения требуют современного нормативного обеспечения, которое постоянно обновляется и должно быть известно как специалистам по проектированию, так и экспертам, и сотрудникам надзорных органов.

30.07.2020 Так, введен действие свод правил СП 477.1325800.2020 [1], который устанавливает требования пожарной безопасности при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации зданий и комплексов класса функциональной пожарной опасности Ф1.3 высотой более 75 м и зданий и комплексов других классов функциональной пожарной опасности высотой более 50 м. Эти требования не распространяется на высотные здания и сооружения производственного, складского и сельскохозяйственного назначения. Свод правил [1] разработан с целью выполнения требований Технического регламента о безопасности зданий и сооружений (от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ) [2] и национального Технического регламента о требованиях пожарной безопасности (от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ) [3].

Bce объекты, требованиям высотные согласно СП 477.1325800.2020[1],системой должны обеспечиваться противопожарной защиты, которая характеризуется как конструктивно-планировочными решениями здания, противопожарной так применением средств защиты. Предусматриваются:

- 1) устройство подъезда пожарных автомобилей со всех сторон здания, включая размеры его встроенно-пристроенной части (стилобата) (п. 9.4);
- 2) применение несущих строительных конструкций с пределом огнестойкости не менее R150, R180, R240 (п. 6.1);
- 3) устройство систем противодымной вентиляции (ПВД) стилобата высотного здания автономными от систем ПВД высотных частей зданий (п. 7.1.14);
- 4) размещение модульных установок пожаротушения (агрегатного типа) с ёмкостями заводской готовности для огнетушащей жидкости на этажах на каждые 50 м высоты или в каждом вертикальном пожарном отсеке (п. 7.5.12);
- 5) устройство не менее двух лифтов с режимом пожарных подразделений грузоподъемностью не менее 1000 кг, выход наружу одного из лифтов пожарных подразделений предусматривать, минуя общий вестибюль здания (п. 7.6.1);
- 6) устройство в общественных зданиях (в жилых при площади этажа более 550 м2) не менее двух незадымляемых лестничных клеток типа H2 или типа H3 или их комбинации (не менее одной H2) (п. 5.15);
- 7) применение переговорных устройств, связанных с пожарным постом (диспетчерской) для обеспечения оповещения и управления поэтапной эвакуацией людей из пожарных отсеков, оснащенных СОУЭ 4-го и 5-го типов, в лифтовых холлах, безопасных зонах для МГН, на путях эвакуации людей (п. 7.4.3);
- 8) устройство светопрозрачного заполнения в покрытии атриума из материалов группы горючести не ниже Г1 (п. 5.9);
- 9) применение средств индивидуальной защиты людей при пожаре, а также средств спасения с высотных уровней (индивидуальные и коллективные) (п. 8.11);
- 10) устройство в жилых зданиях в каждой квартире кранов DN15 с 1/2 дюйма для присоединения устройства внутриквартирного пожаротушения (п. 7.5.13);
- 11) устройство для встроенных и пристроенных автостоянок общих систем общеобменной вентиляции для всех уровней одного пожарного отсека с учетом требуемой огнестойкости (п. 7.1.22).

На сегодняшний день, в соответствии с требованиями ч. 2 ст. 78 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [3], разработке проектной документации на высотные здания, в части

расхода воды на наружное пожаротушение, должны предшествовать разработка и согласование специальных технических условий (СТУ) в части обеспечения пожарной безопасности с учётом специфики пожарной опасности здания. В СТУ должна входить расчётная оценка величины пожарного риска, которая не должна превышать установленные значения (ч. 1 ст. 79 [3]). При необходимости проводятся иные расчёты по обеспечению пожарной безопасности, например, расчёт сил и средств для ликвидации и локализации возможного пожара, расчёт предельной площади пожарного отсека и другие [4].

Анализ разрабатываемых СТУ, выполненный Минстроем России, показал, что более 70 процентов СТУ касаются вопросов обеспечения пожарной безопасности. Это привело к решению Минстроя России в целях оптимизации процедуры согласования СТУ по вопросам пожарной безопасности (при условии обеспечения конструктивной безопасности) установить, что СТУ подлежат согласованию исключительно с МЧС России [5]. Эффективность этого решения покажет время, однако несомненно, что оно приведет к сокращению сроков согласования документации на высотные здания при сохранении особого внимания к обеспечению пожарной безопасности.

Список литературы

- 1. Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности: СП 477.1325800.2020. М.: Минстрой России; 2020.
- 2. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: федер. закон РФ от 30.12.2009 г. № 384-Ф3 // Собр. законодательства РФ. -2010. № 1, ст. 5.
- 3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон РФ от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ // Собр. законодательства РФ. 2008. № 30, ст. 3579.
- 4. Кирюханцев Е.Е., Иванов В.Н. Проблемы пожарной безопасности высотных зданий и пути их решения // Интернет-журнал Технологии техносферной безопасности. Академия ГПС МЧС России. 2013. $\mathbb N$ 3.
- 5. О порядке разработки и согласования специальных технических условий для разработки проектной документации на объект капитального строительства: Приказ Минстроя РФ от 15.04.2016 г. № 248/пр (с изменениями от 27.03.2020 № 165 пр) // Собр. законодательства РФ. 2020. № 30, ст. 4924.

FIRE SAFETY REQUIREMENTS FOR THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF HIGH-RISE BUILDINGS

O.A Mokrousova, A.Y. Moiseenko

FSBEI of Higher Education Ural Institute of State Fire Service of Emercom of Russia, 620062, Yekaterinburg, Russia, st. Mira, 22. e-mail: olgamokrousova@mail.ru

The article discusses the requirements of fire safety in the design and construction of high-rise buildings as well as the features of fire hazard. These buildings are technologically complex construction structures and are classified as high-risk facilities.

Keywords: fire safety, high-rise buildings, fire protection, fire resistance.

УДК 544.032.4

ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ТЕРИЗИДОНА

 $\mathcal{A}.\mathit{T.}\ \mathit{Xынг},\ \mathit{A.A.}\ \mathit{Bacuh},\ \mathit{A.H.}\ \mathit{Шушпанов},\ \mathit{\Gamma.\Gamma.}\ \mathit{Гаджиев}$ Российский Химико-Технологический Университет им.

Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия e-mail: shushpanov@muctr.ru

Исследование механизма термического разложения вещества является важной задачей в ходе оценки его пожаровзрывоопасности. В настоящей статье представлена информация об изучении механизма термического разложения лекарственного препарата теризидона при помощи ИКспектроскопии. Исследование проводилось для подтверждения выдвинутых ранее предположений о механизме термолиза теризидона. Обнаружено, что

на первом этапе термолиза, начинающемся при 132 °C, происходит разрыв цикла [-C-O-N-], причем вероятнее всего цикл рвется по связи O-N).

Ключевые слова: ИК-спектроскопия, пожаровзрывоопасность, теризидон, термическое разложение

Введение

Теризидон — современный лекарственный препарат для лечения туберкулеза. Опасное заболевание до изобретения антибиотиков настолько распространенное и переплетенное с судьбами людей, что стало культурным феноменом, атрибутом «трагического» героя в литературе, казалось, было побеждено в XX веке. Однако в настоящее время в число устойчивых к антибиотикам штаммов микроорганизмов входит и mycobacterium tuberculosis, туберкулезная палочка. Существуют штаммы, не поддающиеся терапии «классическими» противотуберкулезными антибиотиками изониазидом и рифампицином — теризидон применяют именно против них. Нельзя, однако, сказать, что проблема решена полностью — существуют штаммы, вызывающие XDR-TB (extensively drug resistant tuberculosis, туберкулез с расширенной лекарственной устойчивостью) [1].

Подробно о механизмах эволюции бактерий и способах им противостоять, в том числе и с применением теризидона, см. недавний обзор [2].

Человечество вынуждено синтезировать все новые и новые антибиотики, тогда как бактерии вырабатывают все больший и больший иммунитет к ним. Новые препараты не даются легко, цена

успеха — растущие токсичность [3] и стоимость производства [4]. Кроме того, неизбежное усложнение химической структуры лекарственных препаратов нового поколения потенциально может привести к увеличению пожаровзрывоопасности их производства — появление новых радикалов в структуре вещества напрямую влияет на пожаровзрывоопасные характеристики. Так, теризидон является производным циклосерина, и не только увеличивает его эффективность, но и потенциально наследует ряд его свойств, описанных в работе [5].

Своевременное удовлетворение спроса на прогрессивные лекарства — одна из основных задач, стоящих перед предприятиями фармацевтической промышленности. Обеспечение пожаровзрывобезопасности таких предприятий на всех этапах производства — приоритетная задача в сфере промышленной и пожарной безопасности. Для ее решения довольно важно изучать различные свойства веществ, включая изучение путей термической деструкции — на основе накопленных данных может быть предположен ряд пожаровзрывоопасных свойств индивидуального вещества, кроющихся в его строении.

Образец

Теризидон, или (согласно ИЮПАК) $4,4'-\{1,4-\Phi$ ениленбис[(Е)-метиллилиден-(Е)-азанилилиден] $\}$ бис(1,2-оксазолидин-3-он) — мелкодисперсный (диаметр частиц фракции <100 нм) кристаллический белый порошок, содержание влаги в котором не более 2%. Молярная масса составляет 302 г/моль, эмпирическая формула $C_{14}H_{14}N_4O_4$, структурная формула приведена на рисунке 1.

Рисунок 1 — Структурная формула теризидона

Образец был синтезирован и предоставлен для исследований $\Phi \Gamma Y \Pi$ « $\Gamma H \coprod$ « $H W O \Pi U K$ ».

Экспериментальная часть

Показатели пожаровзрывоопасности теризидона были ранее опубликованы в работе [6], в которой установлено, что данное вещество является горючим, а его пылевоздушная смесь взрывоопасна. Термический анализ теризидона описан в работе [7] — на кривой DTA дериватограммы был обнаружен интенсивный экзотермический эффект, начинающийся при 132 °C и достигающий максимума при 160 °C.

Для продолжения исследований авторы задействуют ИК-спектроскопический анализ на ИК-Фурье-спектрометре Nicolet 380 FT-IR. Метод ИК-спектроскопии ранее успешно использовался в работе [6] для подтверждения химического строения теризидона.

Для изучения термического разложения теризидона было проведено сравнение химической структуры теризидона и его продуктов термолиза методом ИК-спектроскопии. Кроме того, выполнялся анализ продуктов термолиза при разных степенях разложения, что позволило оценить влияние температуры на химические связи в молекуле.

ИК-спектрограмма чистого (до термолиза) образца теризидона приведена на рисунке 2.

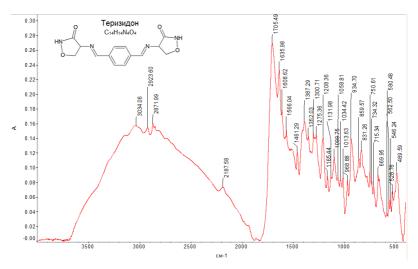


Рисунок 2 — ИК-спектрограмма чистого теризидона

В двух источниках [8, 9] показано, что циклу [-C-O-N-] соответствует полоса поглощения 1461 см $^{-1}$.

Термолиз образцов проводили на установке ОТП, устройство и принцип действия которой описаны в ГОСТ 12.1.044-89. Условия в помещении при проведении эксперимента: температура 22 °C, относительная влажность 70 %, давление 745 мм.рт.ст. Для получения образцов разной степени разложения термообработку проводили в различных временных интервалах при температуре 120 и 125 °C. Условия пробоподготовки приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Подготовка продуктов термообработки теризидона

$\begin{array}{ c c }\hline \pmb{\mathcal{N}}_{\!\underline{\bullet}} \\ \hline \pi/\pi \\ \end{array}$	Температура испытания, °С	Время термо- обработки, мин	Степень распада, %
1	120	120	10,7
2	120	200	14,0
3	125	320	20,0
4	125	480	23,6

Результаты ИК-спектроскопии чистого теризидона и продуктов его термообработки приведены на рисунках 3 и 4.

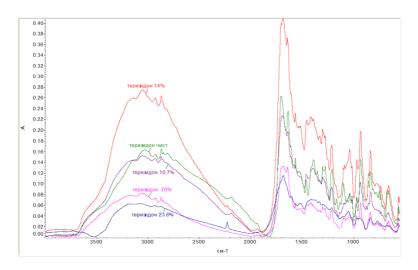


Рисунок 3 — Комбинированная ИК-спектрограмма полного спектра теризидона (степени распада: чистый; 10.7%; 14.0%; 20.0%; 23.6%)

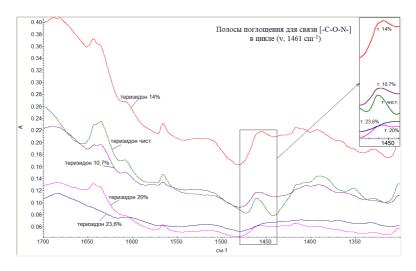


Рисунок 4 — Комбинированная ИК-спектрограмма теризидона, диапазон $1300-1700~{\rm cm^{-1}}$ (степени распада: чистый; 10.7%; 14.0%; 20.0%; 23.6%)

Заключение

Изучение спектрограмм показало уменьшение интенсивности полосы поглощения цикла [-C-O-N-] (валентные колебания, $1461~{\rm cm}^{-1}$) с увеличением степени распада. У образца со степенью распада 20,0~% масс. пик полосы поглощения оказался значительно менее интенсивным и размытым, у образца со степенью распада 23,6~% масс. полоса поглощения $1461~{\rm cm}^{-1}$ практически отсутствует.

Полученные данные указывает на протекание первого этапа термолиза по схеме разрыва цикла [-C-O-N-], причем вероятнее всего цикл рвется по связи O-N).

Авторы крайне признательны Центру Коллективного Пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева за скорость в выполнении ИК-спектроскопии и подготовку сравнительных спектрограмм.

Список литературы

- 1. LoBue P. Extensively drug-resistant tuberculosis // Current Opinion in Infectious Diseases, 2009, vol. 22, № 2, p. 167-173.
- 2. Chauhan A. [et al.] Comprehensive review on mechanism of action, resistance and evolution of antimycobacterial drugs // Life Sciences, 2021, vol. 274, p. 119301.
- 3. Court R. [et al.] Neuropsychiatric toxicity and cycloserine concentrations during treatment for multidrug-resistant tuberculosis // International Journal of Infectious Diseases, 2021, vol. 105, p. 688-694.
- 4. Diel R. [et al.] Cost of multidrug resistant tuberculosis in Germany An update // International Journal of Infectious Diseases, 2021, vol. 103, p. 102-109.
- 5. Хынг Д.Т. [и др.] Пожаровзрывоопасность лекарственного препарата D-циклосерина // Успехи в химии и химической технологии, 2019, т. 33, № 9(219), с. 72-74.
- 6. Хынг Д.Т. [и др.] Оценка пожаровзрывоопасных свойств лекарственного препарата теризидон // IV Международная научно-практическая конференция молодых ученых по проблемам техносферной безопасности: материалы конференции, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020, с. 16-20.
- 7. Васин А.Я. [и др.] Термический анализ лекарственного препарата теризидон // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов IV международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России. Иваново, 15 октября 2020 г., Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020, с. 40-43.
- 8. Humeida A.E. [et al.] Analytical Profile of D-Cycloserine // Analytical Profiles of Drug Substances, 1990, vol. 18, p. 567-597.
- 9. H.-H. Lee [et al.] IR Study on Aqueous Solution Behavior of D-Cycloserine // Spectroscopy Letters, 1997, vol. 30, № 4, p. 685-700.

THERMAL DECOMPOSITION OF TERIZIDONE

D. T. Hung, A. Ya. Vasin, A.N. Shushpanov, G.G. Gadzhiev
D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 125047, Russia, Moscow, Miusskaya pl., 9
e-mail: shushpanov@muctr.ru

Investigation of the mechanism of thermal decomposition of a substance is an important task in assessing its combustion properties and explosiveness. This article provides information on the study of the mechanism of thermal decomposition of the drug terizidone using IR spectroscopy. The study was carried out to confirm the previously made assumptions about the mechanism of thermolysis of terizidone. It was found that at the first stage of thermolysis, which begins at 132 °C, the cycle [-C-O-N-] breaks, and most likely the cycle breaks at the bond O-N).

Keywords: fire and explosion hazard, IR spectroscopy, terizidone, thermal decomposition.

Раздел III Технологии распределенного реестра в обеспечении безопасности УДК 004.9, 681.518

МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С ПОМОЩЬЮ ДАТЧИКОВ АВТОНОМНЫХ МОРСКИХ СУДОВ И ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕЕСТРА

И.А. Берман, В.Н. Манаенко, С.Н. Лоншаков, А.А. Капитонов Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики г. Санкт-Петербург, Россия

Статья описывает платформу для защищенной сертификации проб воды и регистрации проб на основе блокчейна с помощью автономного судна, выполняющего измерения химических параметров воды в автоматическом режиме. Технологическая основа системы, гарантирующая, что никакая третья сторона не может изменить данные проб воды, основана на платформе Робономики. Эта платформа использует зашифрованные децентрализованные технологии, основанные на инструментах распределенного реестра, а также рыночные механизмы для организации работы разнородных киберфизических систем, принадлежащих разным сторонам, когда необходимы автоматизированные экономические транзакции. Кроме того, в статье описан процесс измерения химических параметров воды с помощью датчиков, а также подробно описаны испытания экспериментального судна.

Ключевые слова: блокчейн, распределенный реестр, платформа для защищенной сертификации и регистрации проб воды

Введение

Потребление воды во всем мире увеличивается, и это связано с растущим спросом на воду в развивающихся странах, в которых стала происходить эволюция моделей потребления аналогично странам старой и новой индустриализации [1]. По оценкам ожидается, что мировой спрос на воду будет продолжать расти такими же темпами до 2050 года, что приведет к увеличению на 20-30~% выше текущего уровня водопользования [2]. Таким образом, влияние человечества на мировое состояние водных ресурсов будет только расти.

Тем опасней с каждым годом будет становится проблема загрязнения водных ресурсов, как одной из самых потенциально катастрофических проблем для человечества в ближайшие столетия [3]. Как следствие мировые морские ресурсы нуждаются

в тщательном контроле и мониторинге. Для государственных и общественных служб экологического мониторинга эта задача предполагает значительные затраты, наличие новейшего оборудования и программного обеспечения и работу высококвалифицированных кадров, регулярно обслуживающих средства наблюдения за окружающей средой.

Современные системы мониторинга водных объектов состоят из наземных и дистанционных методов наблюдения [4], и в большинстве случаев, информация, получаемая от них представлена в разном формате и не интегрируется в единую информационную систему [5]. Также возникает вопрос скорости сбора данных, особенно для оперативного реагирования в случаях катастроф [6]. Оперативные способы регистрации загрязнений нужны также потому, что часто необходимо установить юридически ответственные за происшествие стороны [7]. Другая важная проблема — доверие граждан к системам наблюдения экологических организаций [8].

Сегодня компактные сенсорные системы достаточно широко доступны (например, от компаний Libelium, Vaisala, Bosh) и способны измерять многие физические и химические показатели [9]. Они могут быстро предоставлять исследователям результаты измерений окружающей среды и автоматически отправлять такие результаты в безопасное хранилище данных. Это приводит к идее автономных водных платформ, так называемых беспилотных надводных судах (БНС), которые в настоящее время широко эксплуатируются.

Эта статья исследует использование таких мобильных платформ для мониторинга качества водных ресурсов, которые способны выполнять замеры качества воды в автоматическом режиме при минимальном участии человека. Основная идея технологического решения — объединить безопасное хранение данных в распределенном реестре с эффективность автономного мониторинга. Описываются принципы сертифицированного сбора проб окружающей среды с использованием небольшого судна, оснащенного датчиками и подключенного к распределенному реестру для хранения собранных данных.

Статья организована следующим образом. В разделе 1 представлена идея сертифицированного отбора проб на основе распределенного реестра и связанная с ней реализация на платформе Робономики. В разделе 2 подробно описаны архитектура и процессы этой платформы. В разделе 3 дается описание платформы, а в разделе 4 представлены экспериментальные результаты измерений качества воды, полученные судном. Статья завершается выводами.

1. Сертифицированный отбор проб

Под термином сертифицированный отбор проб (certified sampling) понимается выполнение проверки качества биологического или химического образца на соответствие некоторым официальным критериям [10]. Критерии, как правило, устанавливаются уполномоченными комиссиями в виде стандартов, а сама процедура проверки выполняется специалистами с четким протоколом действий. По идее именно эта строгость проводимых мероприятий по отбору проб и авторитет исполняющих их органов призваны обеспечить доверие к получаемым данным. Однако из-за высокой бюрократизации, больших затрат на проверки и концентрации контроля проблема доверия к данным об окружающей среде лишь усилилась [11]. Тем не менее, можно выделить основные моменты сертифицированного отбора: стандартизованные и протоколируемые процедуры выполнения и обеспечение доверия к данным. Итогом проверки становится формальный сертификат, который закрепляется юридически.

Практическое использование мобильных и стационарных киберфизических систем (К Φ C), которые в автоматическом режиме отбирают пробы, в последнее время значительно выросло [12]. Однако, до недавнего времени не было предложено общего и надежного механизма автоматического протоколирования действий этих устройств. Такой механизм не только должен сохранять данные, но и должен также гарантировать их неизменяемость. Для этого необходимо защитить как исполняемый код устройства, так и их наборы данных [13].

Фундаментом для разработки подобного механизма активно занимались исследователи и разработчики за последнее десятилетие. Речь идет о технологии блокчейн - выстроенной по определённым правилам непрерывной последовательной цепочки блоков, защищенной криптографическими алгоритмами [14]. Технология позволяет создать одноранговую децентрализованную сеть из множества узлов, которые обмениваются защищенными транзакциями. Особенность технологии в том, что она препятствует изменению данных в транзакциях, но при этом сохраняет публичность отношений между узлами в сети. Такая сеть узлов будет защищена от некорректных изменений, вызванных неисправным источником данных, отдельным узлом или внешним злоумышленником и при этом будет прозрачной для наблюдения [15]. Более того, блокчейн открыл возможность реализации умных контрактов – программной логики, которую поместили в блокчейн с гарантией ее выполнения. Благодаря умным контрактам работу автономных устройств возможно организовать так, чтобы программная логика выполнялась только при конкретных условиях.

Смарт-контракты блокчейна Ethereum были использованы для создания платформы Робономики для взаимодействия различных автономных устройств [16], [17]. Центральная идея платформы — организовать отношение между узлами в виде запросов спроса и предложения, и вести расчет между ними с помощью внутренних денежных средств. Платформа основана на нескольких решениях:

- 1) The Robot Operating System (ROS). Из-за неоднородности программного обеспечения роботизированных систем используется ROS для облегчения их взаимодействия и координации.
- 2) The InterPlanetary File System (IPFS). IPFS была интегрирована в платформу для распределенного хранения большого количества информации.
- 3) Рынки обязательств. Это часть Робономики, отвечающая за сопоставление предложения и спроса среди узлов системы. Операции на рынках обязательств организуются с помощью сообщений IPFS.
- 4) Контакты обязательств. Это смарт-контракты Ethereum, созданные друг с другом или с человеком.
- 5) Токены. Поскольку взаимодействие между агентами основано на рыночных механизмах, в сети необходима «валюта», и она предоставляется в виде «токенов».

Преимущества этого подхода для сертифицированного отбора проб в том, что он гарантирует, что за данные отвечает конкретное устройство; данные становятся открытыми и их нельзя изменить; такую систему легко масштабировать; обеспечено единство межмашинного взаимодействия и взаимодействия человека с машиной в контексте обработки измерений.

Эти преимущества позволяют создать надежную коммуникационную среду, которая потенциально может перерасти в единую экологическую информационную систему с высоким уровнем доверия. Однако следует указать на ограничения этого подхода: необходимость доступа в Интернет (сетей 4G уже достаточно для стабильной работы) и необходимость в денежных средствах для отправки информации в блокчейн. Также следует отметить, что на этапе измерения возможно физическое вмешательство в процесс.

2. Платформа Робономики

Платформа основана на промежуточном программном обеспечении под названием AIRA (Autonomous Intelligent Robot Agent), которое позволяет подключать системы и устройства на основе ROS к Ethereum и IPFS. Как правило, для выполнения задачи в сети Робономики требуются следующие объекты:

- Promisee (кредитор) узел, который устанавливает задачу на выполнение.
- 2) Promisor (должник) узел, выполняющий задачу.
- 3) Liability Market (рынок обязательств) как упоминалось выше, это платформа для сообщений о спросе и предложении, публикуемых через IPFS.
- 4) Provider (провайдер) узел, который отслеживает сообщения рынка обязательств и сопоставляет предложение и спрос за небольшую комиссию. Провайдеры управляются смарт-контрактом Lighthouse (маяк) специальным смарт-контрактом, который выполняет транзакцию, когда провайдер устанавливает рыночное соответствие между узлом Promisee и узлом Promisor.
- 5) Новые обязательства в виде смарт-контрактов заключаются в сети Ethereum только через провайдеров.
- 6) Клиент AIRA необходим для того, чтобы узел Promisor имел доступ к рынку обязательств и мог получить информацию о задаче.
- 7) Validator (валидатор), необязательный узел, который может быть указан в сообщении запроса. Если он указан, только узел валидатора (за плату) может заключить договоры об ответственности после их проверки.

Процесс выполнения задачи организован в три этапа, как показано на Рисунке 1. На первом этапе (Negotiation) узел Promisee отправляет сообщение спроса на рынок обязательств в IPFS. Основные поля сообщения включают в себя поля: model (модель поведения $K\Phi C$), objective (содержит динамические параметры, специфичные для операции), token, cost, lighthouse (адрес маяка) и sender (адрес Promisee).

Запрос поступает к провайдеру, а затем к агенту, который может выполнить задачу. КФС может принять предложение или отправить встречное предложение точно так же, как узел Promisee может отправить встречный запрос. Этот этап заканчивается, когда сообщения о предложении / спросе совпадают. В этом случае поставщик создает новый смарт-контракт в блокчейне Ethereum.

При создании смарт-контракта Ethereum запрашиваемая задача переходит на этап Execution (выполнение), на котором AIRA ожидает сообщения, подтверждающего создание обязательства, и передает поля с информацией агенту. КФС подписывается на указанные топики ROS для получения необходимой информации; после этого начинается выполнение задачи.

На последнем этапе Finalization (завершение) КФС уведомляет программное обеспечение AIRA о завершении задачи, а AIRA собирает все журналы операций в сообщение о результате. Затем это сообщение отправляется в IPFS. Если был указан валидатор, он сначала проверяет сообщение с результатом и подтверждает его. В конце провайдер видит уведомление о результате и регистрирует последнюю транзакцию в Ethereum.

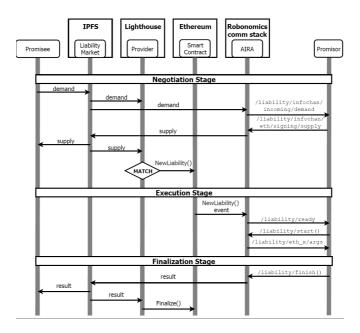


Рисунок 1 — Взаимодействие узлов в сети Робономики

3. Описание автономной водной платформы

Судно представляет собой катамаран с фотоэлектрическими панелями и литий-ионной батареей. Судно оборудовано: двумя движителеми Bluerobotics T200; водонепроницаемым кейсом для

электроники; блоком аккумуляторов: LiFePO4 300 Bт×ч; фотоэлектрическими панелями: 200 Bт max.

Панели обеспечивают достаточно энергии для операций в светлое время суток, а также 3-5 часов работы без света. Система навигации построена на автопилоте Pixhawk и PX4. Бортовой вычислительный блок представлен платформой Intel NUC; судно имеет 2 слота для установки наборов датчиков Libelium Waspmote Smart Water и Smart Water Ions Датчики погружаются в воду на лебедке.

Бортовое программное обеспечение основано на дистрибутиве AIRA. AIRA позволяет передавать ряд параметров пользователя для настройки необходимой услуги, тем самым реализовывая концепцию «Робот как услуга» (Robot-as-a-Service). В данном случае требуемой «услугой» была миссия по измерению и отбору проб. Пользовательскими параметрами миссии являются путевые точки и список датчиков, которые должны выполнять измерения. Данные с датчиков публикуются через сеть IPFS и доступны через их хеш.

Алгоритм измерения работает следующим образом:

- 1) Пользователь отправляет сообщение со спросом на выполнение миссии. Поле model определяет тип запрашиваемого сервиса, а в поле objective передаются параметры, с которыми он будет исполнен. Эти параметры добавляются в rosbag-файл напрямую или в строковом сообщении, содержащем IPFS-хеш. В данном случае файл путевых точек передан в ROS-топике /waypoints по хеш-ссылке. Топик /sensors содержит строку со списком датчиков, показания которых должны быть переданы по результату исполнения миссии.
- 2) Сообщение спроса транслируется по сети Робономики, программа AIRA проверяет параметры и отправляет предложение с такими же параметрами для принятия заказа.
- 3) Оба сообщения попадают в сеть и остаются в очередях провайдеров Робономики. Соответствие предложения и спроса позволяет одному из провайдеров создать договор обязательства. Появление в блокчейне контракта, по которому судно обязуется выполнить модель с параметрами из поля objective подтверждает появление экономически значимой транзакции. Это сигнал к началу работы судна.
- 4) Судно выполняет контракт: загружает модель и цель из IPFS и начинает извлечение данных из поля objective. Система навигации и планирования движения получает путевые точки и временные интервалы для остановки на них. В измеряющую

- систему поступает сигнал о том, какие датчики следует включить. В процессе работы данные записываются в файл.
- 5) Когда последняя путевая точка достигнута и измерение выполнено, миссия завершается. В IPFS добавляется архив с показаниями датчиков качества воды и геоданными. Хеши IPFS записываются в файл результатов в формате rosbag. Его IPFS-хэш отправляется в транзакции к договору обязательств с цифровой подписью.

4. Эксперименты

В полевых экспериментах судно измеряло растворенный кислород (%), температуру °С), уровень рН и электрическую проводимость (мкСм/см) в поверхностном слое воды прибрежной части р. Волга в Куйбышевское водохранилище рядом с ливневыми стоками Автозаводского района, г. Тольятти, Россия. Глубина погружения датчика: 1,5-2 метра. Общее время замеров: 154 мин. Результаты представлены на Рисунке 2.

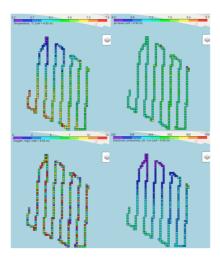


Рисунок 2 — Результаты измерений: а) температуры, б) уровня рH, в) кислорода, г) электрической проводимости

Все полученные данные доступны по ссылке в IPFS (геоданные 1 , данные измерений с датчиков 2). Данные были визуализированы с помощью библиотеки Folium Python.

 $^{^1}$ gateway.ipfs.io/ipfs/QmPvULEGfDE2Roscy4zGpKpBE8s3sBwjiXJVQNS3sBxWDC 2 gateway.ipfs.io/ipfs/QmWRjFcQi4Xcisqi8FP3AbGS3PB3gNHgtnfzbcpodKKCBP

Выводы

Была показана система, которая позволяет проводить сертифицированный отбор проб окружающей среды и протоколирование журналов отбора, благодаря совмещению схемы регистрации данных с помощью технологии блокчейн и работы автономной платформы с датчиками.

Это представляет собой следующий шаг в концепции «гражданской науки». Идея гражданской науки обычно реализуется путем обмена общедоступными данными, собранными одной или несколькими организациями. В данном случае граждане, благодаря технологиям робототехники и распределенного реестра, могут сами контролировать сбор данных. Было показано, что этот концептуальный подход может быть реализован надежным и масштабируемым способом поверх сети блокчейна Ethereum. Эксперименты, проведенные в полевых условиях, показали неизменяемость сертификации проб воды. В будущем будет рассмотрена многоагентная система, состоящая из таких платформ.

Список литературы

- Alharsha I., Memon F., Farmani R. An Assessment of Per Capita Water Consumption in Sirte, Libya // International Conference on Urban Drainage Modelling. – Springer, Cham, 2018. – P. 969-975.
- 2. Burek, P., et al. Water futures and solution fast track initiative. // IIASA Working Paper. URL: http://pure.iiasa.ac.at/13008 (accessed 15.01.2021).
- 3. Dubois O. et al. The state of the world's land and water resources for food and agriculture: Managing systems at risk. New York: Earthscan, 2011. 312 p.
- 4. Sachse A. et al. Chinese Water Systems: Volume 2: Managing Water Resources for Urban Catchments: Chaohu. Cham: Springer, 2018. 242 p.
- 5. Hajdari R. Establishing an Effective National Environmental Information System. Institute of Technology, Kosovo 2015.
- 6. Wang Y. et al. A fast mobile early warning system for water quality emergency risk in ungauged river basins // Environmental Modelling & Software. 2015. vol. 73. P. 76-89.
- Shimshack J. P. The economics of environmental monitoring and enforcement // Annu. Rev. Resour. Econ. – 2014. – vol. 6. – no. 1. – P. 339-360.

- 8. Alkhelaiwi A., Grigoras D. The origin and trustworthiness of data in smart city applications // 2015 IEEE/ACM 8th International Conference on Utility and Cloud Computing (UCC). IEEE, 2015. P. 376-382.
- 9. Loncar I. et al. A Heterogeneous Robotic Swarm for Long-Term Monitoring of Marine Environments // Applied Sciences. 2019. vol. 9. no. 7. P. 1388.
- 10. Schreiber M. P. et al. Chemical and environmental sampling: quality through accreditation, certification and industrial standards // Accreditation and quality assurance. -2006. vol. 10. no. 9. P. 510-514.
- 11. Jacques P. Environmental skepticism: Ecology, power and public life. New York: Taylor & Francis, 2016. 234 p.
- 12. Mois G., Sanislav T., Folea S. C. A cyber-physical system for environmental monitoring // IEEE transactions on instrumentation and measurement. 2016. vol. 65. no. 6. P. 1463-1471.
- 13. Bijani S., Robertson D. A review of attacks and security approaches in open multi-agent systems // Artificial Intelligence Review. -2014. T. 42. No. 4. C. 607-636.
- 14. Ferrer E. C. The blockchain: a new framework for robotic swarm systems // Proceedings of the future technologies conference. Springer, Cham, 2018. C. 1037-1058.
- 15. Christidis K., Devetsikiotis M. Blockchains and smart contracts for the Internet of things // IEEE Access. 2016. vol. 4. P. 2292-2303.
- 16. Dannen C. Introducing Ethereum and Solidity. New York: Springer, 2017. 185 p.
- 17. Kapitonov A. et al. Robotic Services for New Paradigm Smart Cities Based on Decentralized Technologies // Ledger. -2019.

ENVIRONMENTAL MONITORING WITH AUTONOMOUS MARINE SENSORS AND DISTRIBUTED REGISTER TECHNOLOGY

I.A. Berman, V.N. Manaenko, S.N. Lonshakov, A.A. Kapitonov St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, St. Petersburg, Russia

The article describes a platform for secured certification of water samples and blockchain-based sample registration using an autonomous vessel that performs automatic water chemistry measurements. The technological backbone of the system, ensuring that no third party can change the water sample data, is based on the Robonomics platform. This platform uses encrypted decentralized technologies based on distributed ledger tools, as well as market mechanisms to organize the operation of heterogeneous cyber-physical systems belonging to different parties when automated economic transactions are needed. In addition, the article describes the process of measuring the chemical parameters of water using sensors, and also describes in detail the tests of an experimental vessel. Keywords: blockchain,

distributed ledger, platform for secure certification and registration of water samples

УДК 519.688

ТОКЕНИЗАЦИЯ АКТИВОВ В ПУБЛИЧНОМ БЛОКЧЕЙНЕ НА ПРИМЕРЕ БАЛЛОВ ЛОЯЛЬНОСТИ

Д.В. Варламов, М.Э. Галиуллин, П.Г. Огородников, Б.В. Чирков Udmurt State University, 426034 Russia, Izhevsk, Universitetskaya, 1 e-mail: big.black.fox@gmail.com, m.a.galiullin@gmail.com, pavel@izh.com, b.v.chirkov@gmail.com

Статья описывает прототип решения, соединяющего высоконагруженную инфраструктуру корпоративной СВМ системы с публичным блокчейном Solana, внутри которого при помощи смарт-контракта токенизированы баллы лояльности. Токенизация баллов лояльности открывает новые возможности для развития систем лояльности розничных сетей и позволяет компаниям вступать в коалиционные программы без дополнительного документооборота, взаимных бухгалтерских расчетов и без раскрытия конфиденциальной информации о своих клиентах, включая персональные данные. При этом системы лояльности таких компаний могут иметь на борту миллионы пользователей, но для блокчейна Solana это не является проблемой. Основная проблема в другом – у большинства таких пользователей нет криптовалюты для оплаты транзакций. В данном прототипе, участники, в рамках протокола коалиционной платформы, оплачивают транзакции за пользователей. При этом, если у пользователей есть криптовалюта, то они могут стать полноценными участниками рынка децентрализованных финансов (DeFi) и распоряжаться своими токенизированными активами (продавать, дарить, менять, оставлять в залог, предоставлять ликвидность и т.д.) полностью некастодиально.

Ключевые слова: Ключевые слова: блокчейн, распределенный реестр, криптовалюта, токенизация

Введение

Под токенизацией активов понимается процесс выпуска цифровых токенов в качестве удостоверения прав на реальный актив.

Объекты токенизации могут быть самыми разными — деньги, недвижимость, ценные бумаги, произведения искусства, билеты, бонусные баллы и т.д. В широком смысле активом могут являться также предложение услуг, репутация, профессиональные навыки, время, социальные связи — все это можно оцифровать. Интересна идея на перспективу: можно оцифровать, например, квоты на негативное воздействие на окружающую среду, мусор, отходы,

выбросы в атмосферу и т.д., чтобы на рыночных условиях агенты могли обменивать друг у друга эти квоты в зависимости от своих потребностей, а также понимали сколько стоят выбросы и имели больше возможностей для экономически обоснованного принятия решения о минимизации этих выбросов.

Токенизация трансформирует управление активом: модель исполнения заявок оператором (например в банке) сменяется моделью прямого управления активом с помощью криптографических механизмов. Основным отличием является исключение роли, которая может напрямую изменять баланс на счетах пользователей. Именно на этом основывается модель системы, которая построена по принципу исполнения заявок. Токенизация предполагает, что пользователи контролируют свои балансы при помощи криптографических ключей, которые никто другой (в т.ч. администраторы) не знает.

Первые теоретические основы для создания цифрового «двойника» собственности были заложены Ником Сабо [1] и Сатоши Накамото [2]. Через несколько лет после этого «токенизация», то есть отражение в цифровой среде активов или прав на них, пережила настоящий бум. В многом это связано с развитием технологии систем распределенного реестра. Появление «взрослых» блокчейнплатформ со смарт-контрактами для запуска децентрализованных приложений (dApps) открыло двери в мир децентрализованных финансов (DeFi), представляющих собой независимую финансовую систему без протекционизма, коррупции, а главное – без лишних посредников, которых заменили смарт-контракты. В 2021 году индустрия DeFi демонстрирует ошеломляющие темпы роста. По данным мониторинга Defipulse [4] в мае 2021 в ней обращались криптоактивы на более чем \$87 млрд, в то время как в сентябре 2020 было на порядок меньше – \$9 млрд, в конце 2019 эта цифра едва достигала \$1 млрд, а начало бума пришлось на конец 2018 года – но тогда было всего \$275 млн.

Проект ROSIN

В феврале 2021 был объявлен глобальный хакатон «Solana x Serum Defi» [5] на котором наша команда заявилась с прототипом решения для токенизации баллов лояльности в публичном блокчейне Solana, под названием ROSIN.

Для чего системам лояльности нужен блокчейн? В первую очередь, для организации коалиционных программ между разными торговыми сетями без любых взаимозачетов:

- Без проведения дополнительных межкорпоративных бухгалтерских взаимозачетов и дополнительного межкорпоративного документооборота.
- Без раскрытия клиентской базы и любой конфиденциальной информации о своих клиентах.

Как это происходит:

- 1) Токенизированные баллы лояльности представляют собой криптовалютный токен (единицу учета) в блокчейн-сети, обеспеченный обещанием компании, выпустившей такой токен, предоставить клиенту скидку при совершении покупок в его торговой сети.
- 2) Правила начисления и списания бонусных баллов полностью определяются логикой Loyalty Server, являющегося частью корпоративной CRM-системы.
- 3) Смарт-контракт никоим образом не содержит бизнес-логику начисления и списания баллов. Он лишь обеспечивает правильный учет токенизированных активов в системе распределенного реестра (блокчейне) и предоставляет возможность некастодиального распоряжения активами, как это принято в DeFi.
- 4) Аккаунты пользователей надежно защищены криптографией. Никакие персональные данные пользователей (розничных покупателей) в блокчейн не передаются. Почему Solana? 05 февраля 2021 г. в Ижевске проходила технологическая конференция «Блокчейн технологии 2021». В докладе СЕО Solana Анатолия Яковенко «Есть ли у блокчейна лимиты?» [6] прозвучало, что пропускная способность сети Solana на сегодняшний день составляет 50 тыс. ТРS, а стоимость составляет \$10 за миллион транзакций.

Главная проблема на пути реализации проектов по токенизации и останавливающий фактор для компаний — это отсутствие у их пользователей криптовалюты, необходимой для оплаты транзакций.

Для устранения этой проблемы и решения задач проекта было предложена общая архитектура проекта ROSIN 1:

Здесь три основных слоя:

1) Существующая классическая (клиент-серверная) система лояльности. Она работает всегда, независимо от того, пользуются участники программы лояльности токенизированными баллами или нет. Их действующие бонусные карты и мобильные приложения продолжают действовать, как ни в чем не бывало.

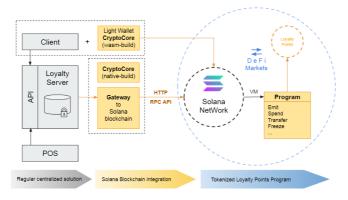


Рисунок 1 — Общая архитектура проекта ROSIN

- 2) Слой интеграции корпоративной системы с блокчейном. Этот слой включает два основных блока криптографию и шлюз.
- Смарт-контракт, реализующий протокол токенов поверх блокчейна.

Рассмотрим слой интеграции отдельно. У существующих систем лояльности Client ID формируется различными способами и как правило, слабо защищены. Поэтому для каждого пользователя нам нужно сформировать пару из публичного и приватного ключей для некастодиального кошелька со стойкой криптографией. В Solana используется асимметричное шифрование и алгоритм ЕСDSA с открытым ключом для создания цифровой подписи. Алгоритмы генерации ключей, формирования и проверки электронной подписи реализованы на базе эллиптической кривой Curve25519. Из публичного ключа затем формируется аккаунт в блокчейне, а в нашем случае он же будет использоваться в качестве Client ID.

Для этого был реализован клиент Solana RPC-JSON API (с минимальными необходимыми методами API), реализована модель данных Solana RPC-JSON API и базовая модель данных (Messages / Programs / Instructions), а также разработано криптографическое ядро CryptoCore с поддержкой протокола Solana, представляющее собой модульную библиотеку с единой кодовой базой C/C++ для бекэнда (нативная компиляция) и фрондэнда (компиляция в WebAssembly) для работы с аккаунтами и подписью транзакций в блокчейн-сеть.

В нашем прототипе пользователи открывают свой кошелек мнемонической фразой из 12 слов (начальная энтропия 128-бит

согласно спецификации bip39 [3]), т.к. сегодня это общепринятая практика для криптовалютных кошельков.

Шлюз позволяет подключить корпоративный Loyalty Server к блокчейну Solana. Он обеспечивает:

- поддержку Solana API;
- вызовы функции смарт-контракта;
- оплату комиссий за транзакции в рамках платформы токенизации. Важно, что для защиты от атаки спамом со стороны клиентов (которые сами не платят комиссии за сетевые транзакции) должна действовать минимальная сумма списания бонусов, например, эквивалентная \$1.

Для реализации третьего слоя был разработан смарт-контракт. В рамках прототипа создан минимально необходимый набор функций: Функция Emit — для начисления токенов на аккаунт пользователя. Функция Spend — для списания токенов. В нашем кейсе смарт-контракт не позволит списать баллы лояльности с аккаунта клиента без его подписи приватным ключем. Функция Transfer — дает клиентам дополнительную возможность переводить баллы с одного пользовательского аккаунта на другой (DeFi). Функция Freeze — для предотвращения злоупотреблений, баллы на аккаунте клиента могут быть заблокированы по правилам, определенным в пользовательском соглашении участника программы лояльности. Эта же функция осуществляет разблокирование.

Для демонстрации работы прототипа был подключен тестовый Loyalty Server и разработан Web-эмулятор POS-терминала. Также были разработаны два клиентских приложения: web-консоль и мобильное приложение, позволяющие насладиться работой прототипа в роли участников программы лояльности.

Весь сходный код доступен в репозитории на https://github.com/uno-labs-solana-hackathon. Описание и презентация проекта на хакатоне Solana DeFi доступны по ссылке https://airtable.com/shrQvOZRiXNOYfO5U/tblnrOhKW8m8WF9d3/viwoUoe98flDsledu/rec36UWKcrrMKhYqz.

Заключение

В ходе выполнения проекта был разработан прототип системы токенизации баллов лояльности в публичном блокчейне Solana. Важно подчеркнуть, что этот проект не был направлен на «разработку системы лояльности основанной на блокчейне». Этот проект создавался с целью показать как токенизировать активы и обеспечить их безопасность, при этом дав пользователям возможность свободно и некастодиально распоряжаться ими, как это сейчас

используется в быстрорастущей сфере децентрализованных финансов (DeFi).

Проект не направлен на разработку системы для какой-то конкретной компании. Интерфейсы клиентов (web-консоль и мобильное приложение) универсальны и могут быть легко кастомизированы и брендированы для любых компаний или организаций. Заинтересованные агенты, зная свои объемы транзакций, могут экспериментировать с прототипом для оценки затрат на комиссии в сети Solana. На прототипе можно исследовать возможности по оптимизации работы смарт-контракта и искать дальнейшие решения для снижения потребления газа (комиссий за транзакции).

Решение ROSIN может применяться не только для токенизации баллов лояльности, но также и для токенизации различных активов из других отраслей и кейсов. Созданные в ходе работы над проектом компоненты Solana Client Light Core, могут применяться при интеграции энтерпрайз-систем в том числе для решений в области логистики, цепочек поставок, защиты продукции от подделок и т.д. Эта библиотека сейчас активно развивается, исходный код и документация доступны в репозитории https://github.com/ITBear/SolanaCPP.

Список литературы

- Bitcoin is not just digital currency. It's Napster for finance. Fortune (21 января 2014) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://fortune.com/2014/01/21/bitcoin-is-not-just-digital-currency-its-napster-for-finance/. Дата обращения: 20.06.2021.
- 2. Nakamoto, Satoshi Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System (24 мая 2009) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf. Дата обращения: 05.03.2014.
- 3. Спецификация bip-0039 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://github.com/bitcoin/bips/blob/master/bip-0039.mediawiki. Дата обращения: 20.06.2021.
- 4. Defipulse [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://defipulse.com/.
- 5. Solana x Serum Defi [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.solana.com/.
- 6. Есть ли у блокчейна лимиты? [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=AI0D9zTmAiw

TOKENIZATION OF ASSETS IN PUBLIC BLOCKCHAIN ON THE EXAMPLE OF LOYALTY POINTS

D. V. Varlamov, M.E. Galiullin, P.G. Ogorodnikov, B.V. Chirkov Udmurt State University, 426034 Russia, Izhevsk, Universitetskaya, 1 e-mail: big.black.fox@gmail.com, m.a.galiullin@gmail.com, pavel@izh.com, b.v.chirkov@gmail.com

The article is a prototype of a solution that connects the highly loaded infrastructure of a corporate CRM system with the public Solana blockchain, inside which loyalty points are tokenized using a smart contract. Loyalty points tokenization opens up new opportunities for the development of loyalty systems for retail chains and allows companies to enter coalition programs without additional document flow, mutual accounting settlements and without disclosing confidential information about their customers, including personal data. At the same time, the loyalty systems of such companies can have millions of users on board, but this is not a problem for the Solana blockchain. The main problem is different - most of these users do not have cryptocurrency to pay for transactions. In this prototype, participants, within the framework of the coalition platform protocol, pay for transactions for users. At the same time, if users have cryptocurrency, then they can become full-fledged participants in the decentralized finance (DeFi) market and dispose of their tokenized assets (sell, donate, change, leave as collateral, provide liquidity, etc.) completely non-custodial.

Keywords: blockchain, distributed ledger, cryptocurrency, tokenization

Научное издание

Научный редактор Колодкин Владимир Михайлович

БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕХНОСФЕРЕ

Сборник статей Выпуск 14

Компьютерный набор и верстка Радикова Анна Владимировна

Авторская редакция

Подписано в печать 06.07.2021. Формат 60х84 $^1/_{16}$ Печать офсетная. Усл. печ. л. 9,53. Тираж 50 экз. Заказ № 2228.

Издательский центр «Удмуртский университет» 426034, г. Ижевск, ул. Университетская, д. 1, корп. 4, каб. 207 тел./факс: +7 (3412) 500-295, E-mail: editorial@udsu.ru