

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

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ
ПОЖАРНОЙ, ПРОМЫШЛЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ

Безопасность в техносфере

17

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
Международная ассоциация специалистов пожарной, промышленной
и экологической безопасности

БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕХНОСФЕРЕ

*Труды XVII Международной научно-практической конференции
(24 октября 2024 г.)*

Выпуск 17



Ижевск
2024

УДК 614.84:004(082)

ББК 68.9я43

Б40

Научный редактор:
д-р техн. наук, профессор В.М. Колодкин

Б40 Безопасность в техносфере : труды XVII Междунар. науч.-
практ. конф. (24 октября 2024 г.) / науч. ред. В.М. Колодкин. –
Вып. 17. – Ижевск : Удмуртский университет, 2024. – 224 с.

ISBN 978-5-4312-1209-3

DOI:10.35634/ 978-5-4312-1209-3-2024-1-224

Данный сборник соответствует материалам, представленным на XVII международной научно-практической конференции «Безопасность в техносфере». Главная тема конференции – Современные информационные технологии в решении проблем безопасности жизнедеятельности. Труды отражают состояние научных исследований.

Выделены два раздела:

- Информационные технологии в обеспечении безопасности;
- Приложение информационных технологий к решению практических задач.

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 и влиянии информационных технологий на обеспечении безопасности.

УДК 614.84:004(082)

ББК 68.9я43

ISBN 978-5-4312-1209-3

DOI 10.35634/ 978-5-4312-1209-3-2024-1-224

© Авторы статей, 2024

© ФГБОУ ВО «Удмуртский
государственный университет», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел I. Информационные технологии в обеспечении безопасности 7

Е.Ю. Колесников, М.Д. Сергеева
Совершенствование подхода к оценке и нормированию воздействия теплового потока при пожаре на организм человека 8

Ю.М. Сметанин, Adan Garriga, В. М. Сметанина, А. А. Оганесян
Задача вычисления вероятностей элементарных событий в дискретном вероятностном пространстве 19

А.М. Сивков
Мониторинг распределения людей в здании на основе двухлучевых инфракрасных счётчиков 29

В.А. Алексеев, В.П. Усольцев, С.И. Юран
Контроль загрязнений сточных вод в комплексном обеспечении стабильности функционирования экосистемы 35

А.В. Леонтьев, В.М. Афанасьев
Возможность прогноза устойчивости опасных производственных объектов в условиях изменения климата 48

К.Н. Кильмаматова, В.М. Афанасьев
Краткий обзор модели chasm для расчета характеристик почвы при планировании укрепляющих сооружений 65

Ю.А. Аниськина, Д.А. Самошин
Обеспечение пожарной безопасности медицинских учреждений со стационаром с учетом времени безопасной эвакуации 70

Р. Н. Белоусов
Оценка подготовки оперативной информации центральным пунктом пожарной связи службы пожаротушения Главного управления МЧС России по Удмуртской Республике 80

Раздел II Приложение информационных технологий к решению практических задач 88

<i>В.А. Куликов, Д.М. Варламова</i>	
Охранно-пожарная сигнализация на основе конвективно-теплового преобразователя	89
<i>С.А.Хорьков, И.Н. Серезжечкин</i>	
Разработка стенда для изучения системы автоматической пожарной сигнализации жилого многоквартирного здания	97
<i>Н.В. Белкин</i>	
Структура системы управления эвакуацией людей из здания при возникновении ЧС	105
<i>А.Д. Шакиров</i>	
Влияние программной задержки на эффективность векторного управления	111
<i>М.О. Попов, М.А. Сенилов</i>	
Решение проблемы возврата БПЛА при потере сигнала навигационной системы	117
<i>П.Г. Огородников</i>	
Мониторинг температуры в жилых помещениях многоквартирного дома при ручном регулировании расхода теплоносителя	127
<i>А.В. Кривова</i>	
Интеграция топологической оптимизации в FreeCAD: разработка и применение модуля на примере элементов БПЛА	149
<i>Д.И. Владыкин, И.Р. Владыкин</i>	
Повышение безопасности и надёжности работы электропривода расположения солнечных элементов шаговым двигателем	157
<i>М.А. Туленков</i>	
Система интеллектуального анализа данных и прогнозирования на примере развития домашних животных	166
<i>М.Д. Леменков, С.В. Шархун</i>	
Обзор методов контроля современных фасадных систем	178
<i>Е.А. Кашапова, Е.В. Муравьева</i>	
Роль добровольных пожарных объединений в профилактике и тушении лесных пожаров	186

Л.Г. Макарова

Разработка системы предупреждения о выходе животных
на автомобильную дорогу 194

Р.Ф. Гибадуллина

Пожарная безопасность на промышленных предприятиях . 204

Р.Ф. Гибадуллина

Влияние радиационных, химических, биологических аген-
тов на объекты инфраструктуры 212

А.А. Насретдинова, Е.В. Муравьева

Моделирование ликвидации катастрофы при затоплениях
пойменных территорий 217

Раздел I

Информационные технологии в
обеспечении безопасности

УДК 614.84

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ И НОРМИРОВАНИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ПРИ ПОЖАРЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВКА

Е.Ю. Колесников, М.Д. Сергеева

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия

e-mail: *key3108@yandex.ru, antonova.md@edu.spbstu.ru*

Целью данного исследования является совершенствование методики оценки риска поражения людей при воздействии теплового потока при авариях, связанных со сгоранием углеводородов. Современные методы оценки риска, используемые в России, в значительной степени основаны на методах, разработанных зарубежными коллегами. Однако есть ряд моментов, которые не учитываются ни в одном руководстве. В ходе исследования целесообразно провести эксперимент, результаты которого позволят определить зависимость степени повреждения живых тканей от интенсивности и времени воздействия теплового излучения. Эта зависимость является основой для математической модели поражения человека волнами любого спектра, в том числе излучением при сгорании углеводородов. Результаты математического моделирования лягут в основу разработки подхода к оценке показателей риска и нормированию теплового поражения человека при различной продолжительности воздействия и интенсивности теплового излучения.

Ключевые слова: интенсивность теплового потока, пожар углеводородов, оценка риска, степень поражения, COMSOL Multyphysics.

Введение

Объектом данного исследования является организм человека, подвергнувшегося воздействию теплового излучения при сгорании углеводородов в процессе техногенной аварии. Предметом исследования является метод оценки показателей риска поражения людей от воздействия на них теплового потока при авариях со сгоранием углеводородов. На сегодняшний день оценить эффекты воздействия теплового потока при пожарах, в том числе при сгорании углеводородов, можно, руководствуясь рядом методик, например, методикой определения

расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утвержденной приказом МЧС России от 10.07.2009 № 404 [1]. Указанная методика позволяет оценить как зависимость интенсивности падающего на объект-мишень теплового потока от его расстояния до очага при различных сценариях аварии (пожаре пролива углеводородов, факельного горения, огненного шара), так и величину показателя индивидуального пожарного риска (вероятность смертельного поражения людей) [2-6].

Методы расчета интенсивности теплового потока, а также других величин, в рамках методологии оценки индивидуального риска, содержатся во многих зарубежных источниках [7-12]. В частности, высокой степенью проработанности данного вопроса отличаются руководства Нидерландской организации прикладных научных исследований (The Netherlands Organization of Applied Scientific Research – TNO) – знаменитые "цветные" книги: красная книга CPR 12E, желтая книга CPR 14E, зеленая книга CPR 16E и пурпурная книга CPR 18E [13-16]. Названные методики в основном основаны на материалах исследований, выполненных коллективом американских ученых в японском городе Хиросима после его атомной бомбардировки в 1945 году. Однако существует ряд моментов, которые не приняты во внимание ни в одном руководстве, и учет которых позволит усовершенствовать метод оценки показателей риска поражения человека при воздействии теплового потока:

- 1) Следует учитывать, что эффект воздействия на человека теплового потока, излучаемого огненным шаром ядерного взрыва и теплового потока при сгорании углеводородов, существенно отличается. Это связано с тем, что температура огненного шара при ядерном взрыве оценивается величиной примерно 10000 К, в связи с чем подавляющая часть энергии излучения сосредоточена в диапазоне длин волн менее 1 мкм, в то время как характерная температура пламени при сгорании углеводородов существенно ниже (примерно 1300 К), вследствие чего сугубо большая часть энергии сосредоточена в инфракрасном области спектра. Известно, что длинноволновое излучение проникает в ткани человеческого тела человека глубже, поэтому и воздействие теплового излучения пожара углеводородов является более опасным. На данный момент проблема оценки отклика

человеческих тканей на воздействие теплового излучения пламени пожара при сгорании углеводородов изучена недостаточно, поэтому математическое моделирование сопряженных процессов переноса излучения и теплопередачи в верхних слоях тканей человеческого тела актуальна.

- 2) В рамках дозного подхода требует более корректного учета удаление (убегание) человека от очага пожара при аварийном сгорании углеводородов. Эффекты воздействия теплового потока аварийного сгорания углеводородов на живую ткань могут быть успешно оценены в рамках математического моделирования [17-20].

Какой бы полной и точной ни была разработанная математическая модель, она в обязательном порядке должна быть валидирована экспериментом. Ввиду невозможности проведения эксперимента на живых существах, актуальной является задача проведения эксперимента на аналоге живой ткани.

В ходе исследования целесообразно проведение эксперимента, по результатам которого будет установлена зависимость степени поражения живых тканей от интенсивности и времени воздействия излучения, а также его спектральных характеристик. Данная зависимость является основой для математической модели поражения человека волнами любого спектра, в том числе излучением при сгорании углеводородов. Задачи, планируемые к решению:

1. Математическое моделирование сопряженной задачи переноса инфракрасного излучения и теплообмена в верхних слоях тканей человеческого тела при воздействии теплового потока при авариях со сгоранием углеводородов;
2. Проведение эксперимента, в ходе которого будут получены зависимости степени термического поражения объекта-мишени от интенсивности теплового излучения и времени воздействия с учётом спектральных характеристик как источника, так и объекта-мишени;
3. Разработка подхода к оценке показателей индивидуального пожарного риска, нормированию теплового поражения человека при варьировании продолжительности воздействия и интенсивности теплового излучения.

В исследовании применены следующие методы:

1. Анализ.

Необходимо проанализировать воздействие теплового излучения углеводов на ткани человека, выявить физические особенности такого излучения. Энергия теплового излучения при горении углеводов сосредоточена в видимой и инфракрасной части спектра.

2. Синтез.

Основываясь на опыте оценки поражения человека тепловым излучением, усовершенствовать существующий метод с учетом особенностей теплового излучения углеводов.

3. Математического моделирование.

Проводится на основе проведенного анализа и синтеза, в рассматриваемом случае создается математическая модель, позволяющая оценить отклик живой ткани на тепловое излучение при сгорании углеводов. Математическое моделирование планируется провести в несколько этапов: на первом этапе в программном комплексе "COMSOL Multyphysics" строится простейшая математическая модель, в которой источником излучения является абсолютно черное тело, а на объект-мишень в виде условной живой ткани падает излучение всего спектра. В результате будет получено расчетное распределение температуры по глубине ткани в зависимости от времени.

На втором этапе моделирования данную модель планируется усовершенствовать с учетом спектральных характеристик объекта-мишени, имитирующей кожу человека (специально подготовленной кожи кролика, оптические и теплофизические свойства которой близки к таковым у человеческой кожи).

4. Верификация модели проводится проверкой ее непротиворечивости и соответствия общеизвестным физическим закономерностям, а также робастности.

5. Валидация модели будет выполнена посредством ее сопоставления с результатами соответствующего эксперимента.

Результаты моделирования теплообмена

Математическое моделирование проведено в программе Comsol Multyphysics, позволяющей моделировать сопряженные и отдельные физические процессы. В частности, были использованы возможности модуля моделирования теплопередачи в твердых телах. В качестве

Раздел I

образца для моделирования принята кожа толщиной 1 мм, натянутая на мышечную ткань толщиной 2 см. Интенсивность теплового потока, падающего на поверхность образца $q = 5$ кВт/м². Радиус отверстия в металлической пластине 3 см, длина образца 6 см. Уравнение теплопроводности имеет вид:

$$d_z \cdot p \cdot C_p \frac{\partial T}{\partial t} + d_z \cdot p \cdot C_p \cdot u \cdot \nabla T + \nabla \cdot q = d_z \cdot Q + q_0 + d_z \cdot Q_{ted},$$
$$q = -d_z \cdot k \cdot \nabla T.$$

где q_0 – интенсивность источника теплового излучения, 5 кВт/м². Предполагается, что тепло в объекте-мишени посредством кондуктивного теплообмена распространяется в разные стороны

$$q = h * (T_{ext} - T)$$

На нижней границе задано условие термической изоляции, т.е. тепло распространяется по всему образцу в разные стороны, но не распространяется вниз. Было задано условие стоп-моделирования, согласно которому при достижении температуры в 51 °С (ожог первой степени) нагрев прекращается и моделирование останавливается. При заданных условиях, согласно расчету, ожог первой степени достигается за 62,7 с (рис. 1).

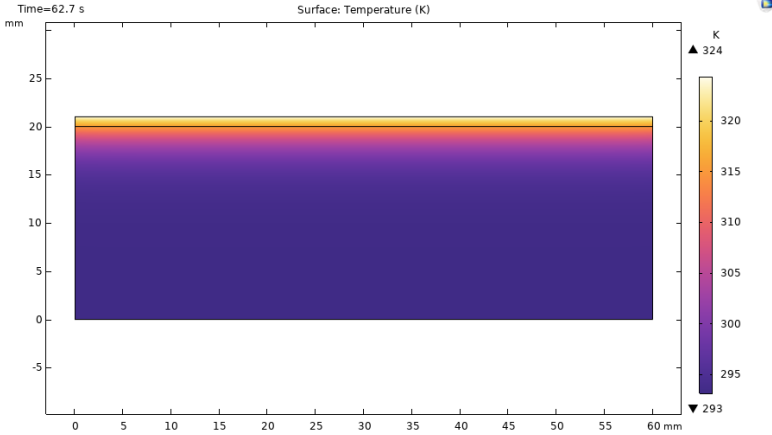


Рисунок 1 — Зависимость температуры от времени при облучении образца $q = 5 \text{ кВт/м}^2$ (ожог первой степени)

В аналогичных условиях ожог второй степени (температура $55 \text{ }^\circ\text{C}$) согласно результатам моделирования был достигнут за $80,1 \text{ с}$ (рис. 2).

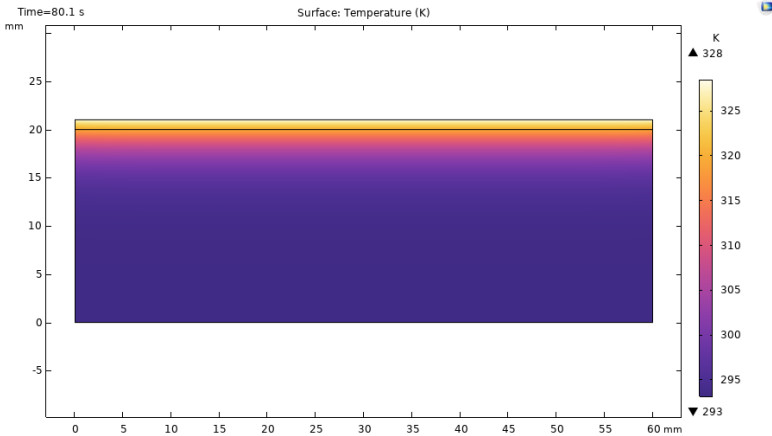


Рисунок 2 — Зависимость температуры от времени при облучении образца $q = 5 \text{ кВт/м}^2$ (ожог второй степени)

Раздел I

Наконец, ожог третьей степени (температура ткани 60 °C) был достигнут за 102,6 с (рис. 3).

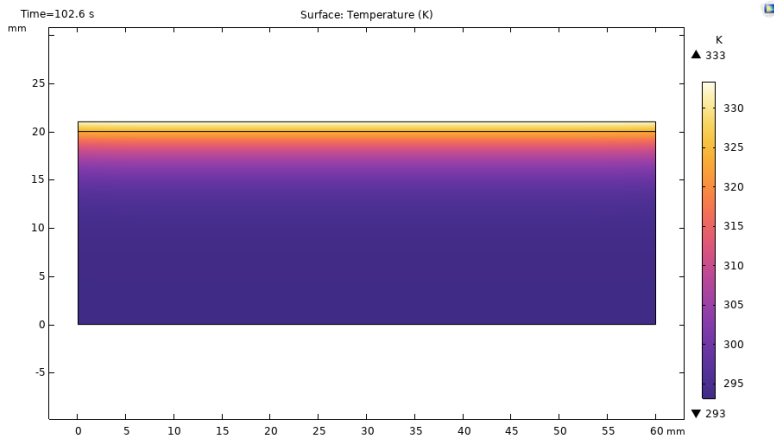


Рисунок 3 — Зависимость температуры от времени при облучении образца $q = 5 \text{ кВт/м}^2$ (ожог третьей степени)

Кожа человека и кожа кролика имеют схожие теплофизические и оптические свойства. Спектр поглощения двух образцов кожи кролика был получен в Ресурсном центре "Оптические и лазерные методы исследования вещества" Научного парка Санкт-Петербургского государственного университета на спектрофотометре "Lambda 1050" фирмы Perkin Elme (рис. 4):

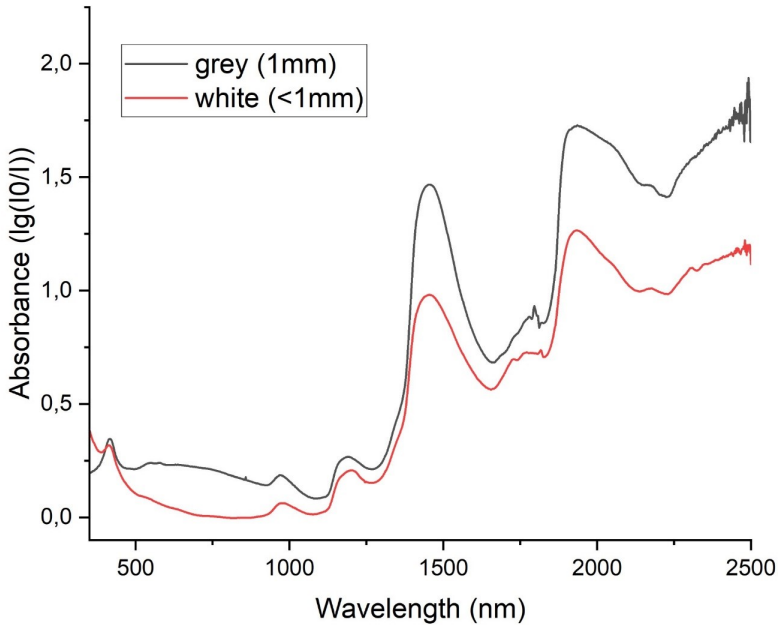


Рисунок 4 — Спектр поглощения двух образцов кожи кролика

Заключение

Таким образом, с помощью программы Comsol Multyphysics выполнено математическое моделирование процессов переноса теплового излучения и теплообмена в верхних слоях объекта-мишени, имитирующей кожу человека, при воздействии теплового потока интенсивностью 5 кВт/м², испускаемого абсолютно черным телом при температуре 1000 К. В результате была получена зависимость температуры образца от времени его облучения, оценены временные метки, соответствующие получению тканью ожогов I, II и III степени. Получен спектр поглощения двух образцов кожи кролика, который будут являться имитаторами человеческой кожи при проведении эксперимента для валидации модели.

Список литературы

1. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах : утв. Приказом МЧС России 10.07.2009 № 404.
2. Byzov, A., Telegina, A., Korotkiy, I., Veber, J. Consequence assessment of explosions for fuelair mixtures at hazardous production facilities E3S Web of Conferences, 2019, 140, 08014.
3. Kempna, K., Smolka, J., Kvarcak, M., Hozjan, T., Kolaitis, D. Fire Safety Protection Assessment of Industrial Technologies Journal of Physics: Conference Series, 2018, 1107(4), 042036.
4. Bo Zhang, Yue Liu, Shen Qiao A Quantitative Individual Risk Assessment Method in Process Facilities with Toxic Gas Release Hazards: A Combined Scenario Set and CFD Approach: A Quantitative Individual Risk Assessment Method October 2018 Process Safety Progress 38(1).
5. Faisal Khan, Samith Rathnayaka, Salim Ahmed Methods and models in process safety and risk management: Past, present and future November 2015 Process Safety and Environmental Protection 98:116-147.
6. Sergey G Alexeev Methods of Predicting Vapor Cloud Explosions in Enclosed Spaces November 2018 Coke and Chemistry 61(8).
7. Tzenova, Z. Calculation of individual risk and social risk in accident situations in industrial production AIP Conference Proceedings, 2018, 2048, 020012.
8. Ushvitskii, L.I., Kulagovskaya, T.A., Ter-Grigor'yants, A.A., Solovyova, I.V., Mezentseva, E.S. Methodological tools for risk assessment in industrial enter-prises International Journal of Economics and Financial Issues, 2015, 5(4), 1011–1016.
9. Marroni, G., Casson Moreno, V., Ovidi, F., Chiavistelli, T., Landucci, G. A methodology for risk assessment of LNG carriers accessing vulnerable port areas Ocean Engineering, 2023, 273, 114019.
10. A.V. Matveev, A. V. Maksimov, O. V. Shcherbakov, A. S. Smirnov Method of estimation for the reliability of quantitative risk analysis on objects of oil and gas industry January 2018.

11. Cong Zhang Analysis of Fire Safety System for Storage Enterprises of Dangerous Chemicals January 2018 Procedia Engineering 211:986-995.
12. Yang Li, Hua Ping, Zhi-hong Ma, Li-Gang Pan Statistical analysis of sudden chemical leakage accidents reported in China between 2006 and 2011 January 2014 Environmental Science and Pollution Research 21(8).
13. CPR-12E Methods for determining and processing probabilities (Red book). 3-nd ed. – Hague: VROM, 2005. – 604 p.
14. CPR-14E Methods for the calculation of Physical Effects (Yellow book). 3-rd. ed. Hague: VROM, 2005. 870 p.
15. CPR-16E Methods for determination of possible damage to people and objects resulting from releases hazardous materials (Green book). – Voorburg, 1989. – 337 p.
16. CPR-18E Guidelines for quantitative risk assessment (Purple book). 2-nd ed. – Hague: VROM, 2005. – 237 p.
17. Avdeeva M., Byzov A., Smyshlyaeva K., Leonova N. Assessment of the fire situation of a certain building using fenix+ Advances in Intelligent Systems and Computing, 2021, 1259 AISC, c. 391–400.
18. Shershneva A., Andreev A., Dmitriev A. System integration of human life safety management considering the influence of information processes of society E3S Web of Conferences, 2019, 140, 08009.
19. Ivanov A.V., Dali F.A., Ivakhnyuk G.K., Simonova M.A., Shikhalev D.V., Skripnick I. L. Nanostructures management technology to reduce the fire risk in the oil and gas industry: Performance, features and implementation.
20. Avdeeva M., Uzun O., Chumakov N. Fire forecasting model and automated calculation of fire risk for the transport system Transportation Research Pro-cedia, 2022, 63, c. 2959–2966.

**IMPROVING THE APPROACH TO ASSESSING AND
RATIONING THE EFFECTS OF HEAT FLOW IN A FIRE
ON THE HUMAN BODY**

E. Yu. Kolesnikov, M.D. Sergeeva

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg,
Russian Federation

e-mail: *key3108@yandex.ru, antonova.md@edu.spbstu.ru*

The purpose of this study is to improve the method of assessing the risk of damage from exposure to heat flow in accidents with the combustion of hydrocarbons. Modern methods of calculating fire risk values used in Russia are largely based on methods developed by foreign colleagues. However, there are a number of points that are not taken into account in any guide. In the course of the study, it is advisable to conduct an experiment, the results of which will determine the dependence of the degree of damage to living tissues on the intensity and time of exposure to radiation. This dependence is the basis for a mathematical model of human damage by waves of any spectrum, including radiation during the combustion of hydrocarbons. The results of mathematical modeling will be the basis for the development of an approach to the assessment of individual fire risk indicators, the normalization of human thermal injury with varying exposure duration and intensity of thermal radiation.

Keywords: heat flow intensity, hydrocarbon fire, risk assessment, degree of damage, COMSOL Multiphysics.

УДК 681.5

**ЗАДАЧА ВЫЧИСЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ
ЭЛЕМЕНТАРНЫХ СОБЫТИЙ В ДИСКРЕТНОМ
ВЕРОЯТНОСТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

Ю. М. Сметанин

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия
e-mail: *gms1234gms@rambler.ru*

Adan Garriga

Multimedia Technologies research group in Eurecat, г. Барселона,
Испания

В. М. Сметанина

Московский государственный технический университет им. Н. Э.
Баумана, Россия
e-mail: *2003vikasmet@gmail.com*

А. А. Оганесян

Московский государственный технический университет им. Н. Э.
Баумана, Россия
e-mail: *aram.oganesyan.10@mail.com*

В статье рассматривается задача расчета вероятностей случайных событий (с.с.), образованных по формулам, построенным из данного набора случайных событий. Она имеет прикладное значение для решения задач надежности и безопасности [1].

Ключевые слова: дискретное вероятностное пространство, зависящая в совокупности система случайных событий, дискретные диаграммы Венна, конституенты

Введение

Задача расчета вероятностей случайных событий образованных по формулам, построенным из данного набора случайных событий (с.с.), имеет прикладное значение в теории надежности [1].

Рассматривается дискретное вероятностное пространство, образуемое некоторым числом случайных событий, в общем случае зависимым

в совокупности. Элементарные с.с. этого пространства в общем случае имеют разные вероятности, сумма этих элементарных с.с. является событием достоверным.

Вероятности образующих пространство с.с. даны, требуется определить вероятности элементарных с.с.

Постановка задачи

Пусть определена схема испытаний с бесконечным числом элементарных с.с., в которой задано семейство (1) случайных событий (с.с.)

$$\overline{\aleph_0} = (\aleph_0, \aleph_0, \dots, \aleph_0) \quad (1)$$

Эти с.с. в общем случае могут быть зависимы в совокупности. Определено достоверное (Ω) и невозможное (\emptyset) с.с. Каждое $\aleph_i \subseteq \Omega$ и задана его вероятность $P(\aleph_i) \leq 1$.

Будем называть конstituентой семейства $K(i)$ произведение с.с.

$$K(i) = \aleph_1^{\sigma_1} \cdot \aleph_2^{\sigma_2} \cdot \dots \cdot \aleph_n^{\sigma_n},$$

где $\sigma_i \in \{0, 1\}$ и $\aleph_i^{\sigma_i} = \begin{cases} \aleph_i, & \sigma_i = 1 \\ \Omega/\aleph_i, & \sigma_i = 0 \end{cases}$

Отметим, что некоторые конstituенты, число которых равно 2^n , могут в силу зависимости с.с. быть пустыми. Нативный номер конstituенты в двоичной системе счисления полностью определяет конstituенту, например,

$$K(3), 3_2 = 011 \rightarrow K(3) = \aleph'_1 \cdot \aleph_2 \cdot \aleph_3$$

Схема испытаний, булева алгебра с.с., отношения равенства и строгого порядка на множестве с.с. определяют алгебраическую систему

$$A = \langle \Omega = \sum_{i \in U^0} K(i), \{+, *, '\}, \{C, =\} \rangle \quad (2)$$

Опорное множество Ω и семейство модельных множеств, его образующих, для конкретных множеств (1) принято задавать

диаграммой Венна (смотри левую часть рисунка 1). Она выражает семантику схемы испытаний, определяемой (1).

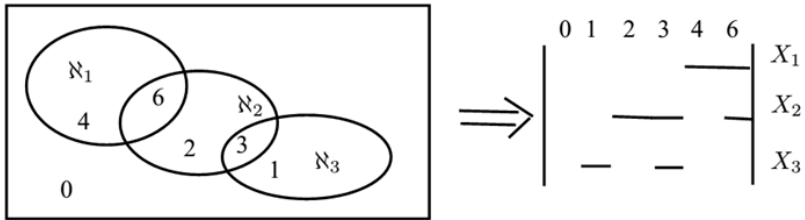


Рисунок 1 — Диаграмма Венна и ее дискретный аналог

На этом рисунке изображено три случайных события, зависимых в совокупности. События \aleph_1 , \aleph_2 и события \aleph_2 , \aleph_3 попарно независимы, а событие \aleph_1 влечет наступление события $\aleph'_3 = \Omega/\aleph_3$.

Задача 1

Вычислить вероятности всех конstituент, образуемых семейством с.с. (1) при условии, что вероятности модельных с.с., входящих в семейство (1), образующих схему испытаний, известны $\mathbb{P}(\aleph_i) = r_i$.

Относительно рисунка 1 решение задачи 1 означает нахождение вероятностей конstituент $K(0), K(1), K(2), K(3), K(4), K(6)$. В силу зависимости $\aleph_1, \aleph_2, \aleph_3$ конstituенты $K(5), K(7)$ являются невозможными случайными событиями. Также выполняется соотношение $P(\Omega) = P(K(0) + K(1) + K(2) + K(3) + K(4) + K(6)) = 1$

Утверждение 1

Каждой конstituенте, которая является возможным с.с., условия проведения испытания сопоставляют вероятность, не равную нулю. В силу того, что конstituенты несовместны и любое с.с. семейства (1) выражается как сумма некоторого числа конstituент из семейства конstituент, не являющихся невозможными с.с., решение задачи 1 существует и единственно.

Сведем задачу 1 к решению задачи определения вероятностей элементарных событий в дискретном вероятностном пространстве

В общем случае при больших n поиск решения представляется нетривиальной процедурой.

Рассмотрим дискретное вероятностное пространство $\langle U, P \rangle$, где U — конечное множество (достоверное с.с.). Конечное множество U без потери общности можно задать как множество целых неотрицательных чисел $U \subseteq U^0 = \{0, 1, 2, \dots, 2^n - 1\}$. Функция $P : U \rightarrow [0, 1]$ каждому элементу из сопоставляет вероятность так, что функция, что $\sum_{i \in U} P(i) = 1$. В схеме испытаний каждой конституенте $K(i)$ сопоставим элемент дискретного вероятностного пространства $\langle U, P \rangle$, $U \subseteq U^0 = \{0, 1, 2, \dots, 2^n - 1\}$, а каждому модельному множеству $\aleph_i = K(j_1) + K(j_2) + \dots + K(j_k)$, сопоставим конституентное модельное множество $X_i = \{j_1, j_2, \dots, j_k\}$ и каждой $K(i)$ конституенте семейства (1) поставим в соответствие номер $i \in U$, а множествам \aleph_i конституентные множества семейства (3), такие, что выполняются соотношения (4)

$$\bar{X}_i = \langle X_1, X_2, \dots, X_n \rangle \quad (3)$$

$$\{i\} =_C X_j \iff K(i) =_C \aleph_i \quad (4)$$

В результате мы получим изоморфную (2) по способу построения алгебраическую систему

$$B = \langle U \subseteq U^0, \{+, *, '\}, \{C, =\} \rangle \quad (5)$$

Системы (2) и (5) изоморфны по построению как имеющие одинаковую сигнатуру. Следовательно, задачу 1 можно решать в вышеописанном дискретном вероятностном пространстве при условии, что оно посредством задания конституентных модельных множеств задает алгебраическую систему, изоморфную алгебраической системе, определяемой семейством (1), переход к которой определен. Для с.с. $\aleph_1, \aleph_2, \aleph_3$, из которых две \aleph_1, \aleph_2 и \aleph_2, \aleph_3 независимы. И $\aleph_1 \subseteq \aleph_3'$, интерпретация алгебраической системы с основой в виде конституентного множества $U = \{0, 1, 2, 3, 4, 6\}$ показана на правой части рисунка 1. Эта система представляется в виде дискретной диаграммы Венна [2, 3].

Использование дискретных диаграмм Венна значительно облегчает решение задачи установления логического следования в универсальной силлогистике, а также построение диаграмм, в которых выполняются заранее заданные отношения «влечет», «равно», «независимость» для системы с.с. (1), определяющей схему испытаний. Если все события

(1) независимы в совокупности, то дискретная диаграмма, выражающая семантику алгебраической системы на основе конститuentных множеств, содержит 2^n непустых конститuent.

Замечание 1

В приложениях более интересной является задача 2.

Задача 2

В схеме испытаний, задаваемой модельными множествами (3), вычислить вероятность с.с. , получаемого из модельных с.с. посредством операций алгебры случайных событий. Например, для рисунка 1 найти вероятность с.с. $D = K(1) + K(4)$ Решение задачи 2 в общем случае требует решения Задачи 1.

Алгоритм решения задачи 1.

Ранее методика расчета вероятностей была сформулирована в форме логического вывода. Укажем новые способы решения задачи 1 на примере из рисунка 1. Он основан на решении системы линейных уравнений, которая составляется на основе дискретной диаграммы Венна.

Обозначим вероятности рассчитываемых конститuent соответственно их номерам через x_j

Для примера с рисунка 1 получим 6 неизвестных $x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_6$, Для полноты можно указать еще две переменные, значение которых известно и они соответствуют пустым конститuentам это $x_5 = x_7 = 0$. Составим систему линейных уравнений, решение которой удовлетворяет условию нормировки (6), все неизвестные неотрицательны.

$$x_0 + x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_6 = 1 \tag{6}$$

Согласно диаграмме Венна можно составить еще 14 уравнений. Уравнения

1) $x_0 + x_1 = r_1$

2) $x_2 + x_3 + x_6 = r_2$

3) $x_4 + x_3 = r_3$ - выражают вероятности с.с X_0, X_1, X_2

Уравнения

4) $x_0 + x_1 = (1 - r_1) * (1 - r_2)$

$$5) x_2 + x_3 = (1 - r_1) * r_2$$

$$6*) x_4 = r_1 * (1 - r_2)$$

$$7*) x_6 = r_1 * r_2; \text{ выражают независимость } X_1 \text{ и } X_2.$$

Уравнения

$$8) x_1 + x_3 = r_3$$

$$9) x_4 + x_6 = r_1$$

$$10) x_0 + x_2 = 1 - r_1 - r_3 = P[0, 2] \text{ выражают зависимость } X_1 \subseteq X'_3$$

Уравнения

$$11*) x_1 = (1 - r_2) * r_3$$

$$12) x_2 + x_6 = r_2 * (1 - r_3)$$

$$13) x_0 + x_4 = (1 - r_2) * (1 - r_3)$$

$$14*) x_3 = r_2 * r_3 \text{ выражают независимость } X_2 \text{ и } X_3.$$

Уравнения, помеченные «*», уже составляют часть решения системы.

Решение данной системы, число неизвестных в которой экспоненциально зависит от количества случайных событий в семействе (1), можно искать, используя стандартные численные методы. Попробуем найти решение более простым способом.

Изымаем уравнения, помеченные «*» из системы, и заносим их в формируемый список решения. Он будет иметь вид (7)

$$R = \{6*)x_4 = r_1 \cdot (1 - r_2); 7*)x_6 = r_1 \cdot r_2; \\ 11*)x_1 = (1 - r_2) \cdot r_3; 14*)x_3 = r_2 \cdot r_3\} \quad (7)$$

Оставшаяся часть системы примет вид:

$$1) x_4 + x_6 = r_1$$

$$2) x_2 + x_3 + x_6 = r_2$$

$$3) x_1 + x_3 = r_3$$

$$4) x_0 + x_1 = (1 - r_1) * (1 - r_2)$$

$$5) x_2 + x_3 = (1 - r_1) * r_2$$

$$8) x_1 + x_3 = r_3$$

$$9) x_4 + x_6 = r_1$$

$$10) x_0 + x_2 = 1 - r_1 - r_3$$

$$12) x_2 + x_6 = (1 - r_1) * (1 - r_2)$$

$$13) x_0 + x_4 = (1 - r_2) * (1 - r_3)$$

Значения неизвестных из списка R подставляем в уравнения 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 12, 13. Результат указан ниже. Получится следующий результат:

- 1) $x_4 + x_6 = [r_1 = r_1 * (1 - r_2) + r_1 * r_2]$
- 2) $x_2 + x_3 = r_2 - r_1 * r_2$
- 3*) $x_1 = r_3 - r_2 * r_3$
- 4*) $x_0 = (1 - r_1) * (1 - r_2) - (1 - r_2) * r_3$
- 5*) $x_2 = (1 - r_1) * r_2 - r_2 * r_3$
- 8*) $x_1 = r_3 - r_2 * r_3$
- 9) $x_4 + x_6 = [r_1 = r_1 * (1 - r_2) + r_1 * r_2]$
- 10) $x_0 + x_2 = 1 - r_1 - r_3$
- 12*) $x_2 = (r_2) * (1 - r_3) - r_1 * r_2$
- 13*) $x_0 = (1 - r_2) * (1 - r_3) - r_1 * (1 - r_2)$

Уравнения, в которых осталась одна переменная, также отмечаем «*». После замены переменных значениями из уравнения 1 получилось тождество, заключенное в квадратные скобки. Тождество получилось и в уравнении 9. Эти уравнения исключаем из дальнейшего рассмотрения, так как значения входящих в них переменных известны. В результате получим

- 2) $x_2 + x_3 = r_2 - r_1 * r_2$
- 3*) $x_1 = r_3 - r_2 * r_3$
- 4*) $x_0 = (1 - r_1) * (1 - r_2) - (1 - r_2) * r_3$
- 5*) $x_2 = (1 - r_1) * r_2 - r_2 * r_3$
- 8*) $x_1 = r_3 - r_2 * r_3$
- 10) $x_0 + x_2 = 1 - r_1 - r_3$
- 12*) $x_2 = (r_2) * (1 - r_3) - r_1 * r_2$
- 13*) $x_0 = (1 - r_2) * (1 - r_3) - r_1 * (1 - r_2)$

После изъятия уравнений, помеченных «*», и помещения их в формируемый список решений получим новый список R, его новые элементы представлены во второй и третьей строках

$$R = \left\{ \begin{array}{l} 6^*)x_4 = r_1 \cdot (1 - r_2) \\ 7^*)x_6 = r_1 \cdot r_2 \\ 11^*)x_1 = (1 - r_2) \cdot r_3 \\ 14^*)x_3 = r_2 \cdot r_3 \\ 4^*)x_0 = (1 - r_1) \cdot (1 - r_2) - (1 - r_2) \cdot r_3 \\ 5^*)x_2 = (1 - r_1) \cdot r_2 - r_2 \cdot r_3 \end{array} \right\}$$

Убеждаемся в тождественности равенств 11, 3, 8 и тождественности равенств 4, 13, а также в тождестве 5 и 12 и убираем дублирующие.

В результате мы видим, что список R представляет решение системы. Оставшаяся часть уравнений после удаления уравнений помеченных * и тождеств (это уравнения 2 и 10)

$$\begin{aligned} 2) x_2 + x_3 &= r_2 - r_1 \cdot r_2 \\ 10) x_0 + x_2 &= 1 - r_1 - r_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 + x_3 &= [r_2 - r_1 * r_2 = r_2 * (1 - r_1) - r_1 * r_2 + x_3 + r_2 * r_3] \\ x_0 + x_2 &= [1 - r_1 - r_3 = (1 - r_2) * (1 - r_3) - r_1 * (1 - r_2) + (1 - r_1) * r_2 - r_2 * r_3]. \end{aligned}$$

Выпишем результаты расчетов $x_0 = (1 - r_2) * (1 - r_1 - r_3)$;

$$\begin{aligned} x_1 &= r_3 - r_2 * r_3 \\ x_2 &= r_2 * (1 - r_1 - r_3); \\ x_3 &= r_2 * r_3; \\ x_4 &= r_1 * (1 - r_2); \\ x_6 &= r_1 * r_2; \end{aligned}$$

Проверим условие нормировки легко просчитать что $x_0 + x_1 = (1 - r_1) * (1 - r_2)$

$$\begin{aligned} x_2 + x_3 &= (1 - r_1) * r_2 \\ x_4 + x_6 &= r_1 \\ x_0 + x_1 + x_2 + x_3 &= (1 - r_1) \\ x_0 + x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_6 &= 1 \end{aligned}$$

Важное замечание.

Вследствие зависимости образующих событий их вероятности как величины со значениями из интервала $[0,1]$ не могут принимать значения независимо друг от друга. Для данной схемы испытаний область допустимых сочетаний их значений, определяется неравенством $G : 1 - r_1 - r_3 > 0$

Для более сложных схем эта область имеет описание более сложного вида. Примеры решения задач приводятся в работах [3-6]. Для построения модели дискретного вероятностного пространства в них используется исчисление конституентных множеств в специально разработанной силлогистике LS2 [3, 4, 5] и программа построения дискретной диаграммы Венна. Для поиска решения задачи 1

в этих работах использована значительно более сложная методика, основанная на логическом выводе. Предлагаемая в данной работе методика решения задачи 1 легко алгоритмизуема и более эффективна по сравнению с численными методами решения систем линейных уравнений с разреженными матрицами. Обоснование существования и единственности решения приведено в Утверждении 1. В докладе будут рассмотрены более сложные примеры.

Заключение

Предложено решение задачи расчета вероятностей случайных событий в пространстве порождаемом данной системой с.с. которая зависима в совокупности. Методы ЛВИ для зависимых в совокупности с.с. разработанные в [1] неприменимы.

Список литературы

1. Рябинин И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. 2-е изд. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2007. 276 с.
2. Сметанин, Ю. М. Верификация логического следования с использованием исчисления конституентных множеств и соответствий Галуа / Ю. М. Сметанин // Программные системы: теория и приложения. - 2017. - Т. 8, № 2. - С. 69-93.
3. Сметанин, Ю. М. Логико-семантическая модель для решения задач распознавания и расчета рисков / Ю. М. Сметанин, Л. П. Сметанина // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. - 2017. - Т. 27, вып. 2. - С. 131-141. - Библиогр.: с.139-140 (12 назв.).
4. Сметанин Ю. М. Расчет рисков для зависимых в совокупности случайных событий. Тезисы доклада Международного экономического симпозиума-2015, СПб. 2015.
5. Smetanin Iu. Syllogistical system on the basis of the propositional multi-valued logic: Proceedings of the 2015 International Conference "Stability and Control Processes" in Memory of V.I. Zubov (SCP). Publisher IEEE, 2015. p. 648, P. 596-599.

THE PROBLEM OF CALCULATING THE PROBABILITIES
OF ELEMENTARY EVENTS IN A DISCRETE
PROBABILITY SPACE

Iu. M. Smetanin

Udmurt State University, Izhevsk, Russia

e-mail: *gms1234gms@rambler.ru*

Adan Garriga

Multimedia Technologies research group in Eurecat, Barcelona, Spain

V.M. Smetanina

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

e-mail: *2003vikasmet@gmail.com*

A.A. Oganessian

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

e-mail: *aram.oganesyan.10@mail.com*

The article considers the problem of calculating the probabilities of random events formed by formulas constructed from a given set of random events, which is of applied importance for solving reliability and safety problems [1].

Keywords: discrete probability space, a system of random events dependent on the aggregate, discrete Venn diagrams, constituents

УДК 004.9

МОНИТОРИНГ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЮДЕЙ В ЗДАНИИ НА ОСНОВЕ ДВУХЛУЧЕВЫХ ИНФРАКРАСНЫХ СЧЁТЧИКОВ

А.М. Сивков

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия

e-mail: *amsiv@mail.ru*

В статье рассматривается действующий экспериментальный программно-аппаратный комплекс для мониторинга распределения людей в общественном здании. Описана сенсорная система комплекса, выполненная на двухлучевых инфракрасных счётчиках. Приводится полученная из наблюдений оценка погрешности результатов.

Ключевые слова: мониторинг распределения людей в здании, горизонтальный двухлучевой инфракрасный счётчик, оценка погрешности.

Введение

Экспериментальный программно-аппаратный комплекс, описанный в этой статье, задуман как часть более общей системы автоматического управления эвакуацией людей из здания. Его назначение — предоставить достоверные данные о текущем распределении людей для расчёта оптимальных (в конкретной ситуации) путей их эвакуации.

Техническая система для мониторинга распределения людей — это что-то вроде спасательной шлюпки на корабле. Пока всё благополучно, она не нужна и даже докучает. Но при возникновении чрезвычайной ситуации, например, при пожаре, предоставляемая системой информация, если её правильно и вовремя использовать, может спасти человеческие жизни. Чрезвычайные ситуации возникают внезапно, поэтому система мониторинга рассчитана на автоматическую работу.

Метод счёта людей

Основополагающей характеристикой системы, конечно, является используемый ею метод счёта людей. Методов автоматического счёта, не мешающих движению людей, не слишком много. Стоит

задача: для начала, исследовать применимость наиболее простого. Таковым является счёт проходящих людей по прерыванию невидимого инфракрасного луча, «протянутого» наподобие финишной ленточки.

Пусть счётчик, установленный на входе в помещение, непрерывно подсчитывает входящих и выходящих, начиная с того раннего момента, когда в помещении ещё никого не было. Тогда число человек, находящихся в этом помещении в любой текущий момент, находится простым вычитанием числа вышедших из числа вошедших.

Помещение — лишь частный случай. В общем случае любое место, все входы в которое оборудованы счётчиками, будем называть контролируемой зоной (или просто зоной). Это может быть одно помещение, группа помещений, какая-то большая часть здания, например, этаж или крыло. И даже здание в целом.

Очевидно, что для решения описанной задачи счётчик должен уметь отличать людей, входящих в зону, от выходящих из неё. Инфракрасные счётчики подразделяются на счётчики с одним лучом и счётчики с двумя параллельными (или почти параллельными) лучами. Счётчики с одним лучом могут определить лишь сам факт прохождения человека, не различая направление прохождения. Двухлучевые могут определить, вошёл человек в зону или вышел из неё, анализируя последовательность прерывания от стоящих друг от друга лучей.

Проблема погрешности счёта

Погрешность счёта людей - важнейшая характеристика используемого в системе метода. Именно она определяет, годится ли он для решения задачи мониторинга. Погрешность имеет два принципиально разных источника.

Один источник погрешности связан с ошибками, присущими методу счёта по пересечению луча, как таковому. Скорее даже - с используемой в методе счётной формулой. Инфракрасный счётчик не видит человека в том смысле, как его видит человек-наблюдатель. Дошёл инфракрасный луч до приёмника, или он чем-то прерван — это единственное, что счётчик может почувствовать. Подразумевается, что одно прерывание луча означает одного прошедшего человека.

Чтобы счёт шёл правильно, производители инфракрасных счётчиков рекомендуют располагать их изделие на уровне плеч и головы среднего человека. Если человек прерывает луч своей головой (которая,

конечно, одна), то и прерывание происходит однократно. Всё, казалось бы, хорошо. Но в бочке мёда — не без ложки дёгтя. Например, приветственно махнув кому-то рукой, можно случайно прервать луч дважды: головой, и рукой. Подобный же эффект может вызвать шляпа или торчащий на голове пучок волос. И напротив, два идущих рядом друг с другом человека могут породить всего одно прерывание луча.

Другой источник погрешности связан с подверженностью счётчика, как высокочувствительного прибора, влиянию электромагнитных помех. Их создают, например: электродвигатели лифтов, неисправные светильники, прямой солнечный свет и т. д. На практике проблема выражается в том, что в условиях электромагнитного «шума» счётчик считает не только людей, но и случайные помехи.

Описание системы

Автором статьи разработана и построена действующая система мониторинга. Система установлена для опытной эксплуатации на одном из этажей учебного корпуса вуза и следит за распределением студентов (и преподавателей) по этажу. Здание имеет два крыла. Соответственно, этаж разбит на две больших независимых зоны контроля. Одна зона имеет два входа, другая — три. Внутри этих больших зон выделены сравнительно небольшие также контролируемые зоны: учебные аудитории. (Некоторые помещения на этаже пока не охвачены системой.)

Сенсорная часть системы состоит из шестнадцати одинаковых двухлучевых инфракрасных счётчиков, связанных в единую сеть. Они установлены на всех без исключения входах во все подлежащие мониторингу зоны: большие и маленькие.

Сбор данных, получаемых счётчиками, ведёт автоматический интеллектуальный коллектор. Он по сети собирает «сырые» результаты счёта и передаёт их в специализированный веб-сервис.

Веб-сервис осуществляет окончательную обработку данных. Результат обработки, то есть выявленное распределение людей по зданию, передаётся пользователю-человеку или, через соответствующий интерфейс, прикладной программе, предназначенной для автоматического управления эвакуацией.

Работу системы мониторинга можно в любое время увидеть «живьём», через браузер, пройдя по ссылке: <https://allocmonitor.online>

Особые ситуации

Для мониторинга распределения людей критически важна непрерывность работы счётчиков и непрерывность передачи их данных. По какой бы причине ни произошло нарушение непрерывности (даже на небольшое время), оно создаёт угрозу потери доверия к рассчитанному системой распределению людей. Поэтому система автоматически отслеживает возникновение следующих особых ситуаций:

- 1) временное исчезновение электропитания здания;
- 2) отсутствие ответов какого-либо счётчика на запросы коллектора;
- 3) блокировка сенсорной системы какого-либо счётчика на продолжительное время.

При возникновении особой ситуации система автоматически информирует об этом потребителя данных: в частности, пользователя-человека.

Невязка

Невязка — это количество человек в зоне, ошибочно даваемое системой в конце суток (в полночь), когда в действительности в этой зоне никого нет. В сущности, невязка отражает накопленную за сутки ошибку системы мониторинга. Типичную величину невязки можно увидеть из примера, показанного в таблице 1.

Таблица 1. Суточная статистика по некоторым зонам за 18.10.2024

Зона	Входивших в зону за сутки	Максимум одновременно находившихся в зоне	Невязка в конце суток
Левое крыло целиком	1272	45	4
Ауд. 301	70	20	2
Ауд. 303	76	18	5
Ауд. 307	67	13	1
Ауд. 309	63	4	1
Правое крыло целиком	510	82	6
Ауд. 311	53	19	6
Ауд. 315	59	15	2
Ауд. 317	64	23	1
Ауд. 325	84	16	2

Заключение

Опытная эксплуатация описанной экспериментальной системы для мониторинга распределения людей в здании, показала устойчивость её круглосуточной автоматической работы. За это время (один месяц) не было плановой учебной эвакуации студентов из здания. То есть, система «в боевых условиях» ещё не проверена. Поэтому преждевременно делать вывод о пригодности или непригодности выбранного типа счётчиков для решения задачи, стоящей перед системой. Исследования будут продолжены.

MONITORING THE DISTRIBUTION OF PEOPLE IN A BUILDING BASED ON DUAL-BEAM INFRARED METERS

A.M. Sivkov

Udmurt State University, Izhevsk, Russia

e-mail: *amsiv@mail.ru*

The article considers the operating experimental software and hardware complex for monitoring the distribution of people in a public building. The sensor system of the complex, implemented on two-beam infrared counters, is described. The error estimate of the results obtained from observations is given..

Keywords: monitoring the distribution of people in a building, horizontal dual-beam infrared counter, error assessment.

УДК 681.785: 504.064

КОНТРОЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД В КОМПЛЕКСНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ СТАБИЛЬНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ

В.А. Алексеев, В.П. Усольцев

Ижевский государственный технический университет имени М.Т.

Калашникова, г. Ижевск, Россия

e-mail: alekseev@istu.ru

С.И. Юран

Удмуртский государственный аграрный университет, г. Ижевск,

Россия

e-mail: yuran-49@yandex.ru

В статье оценивается эффективность контроля аварийных сбросов в системах сточных вод в комплексном обеспечении стабильности функционирования экосистемы. Приведена функциональная схема и принцип действия установки для устранения аварийного сброса загрязняющих веществ в сточные воды с применением метода измерения изменений оптической плотности водной среды.

Ключевые слова: аварийный сброс, контроль оптической плотности, сточные воды, экосистема.

Введение

Ключевую роль в существовании жизни на Земле играет биосфера. Благодаря взаимодействию биотической и абиотической части, образуется уникальная среда – экосистема, в которой происходит круговорот вещества, обеспечивающий поддержание баланса биоценозов.

Сообщества живых организмов и ареалы их существования (территории, акватории), которые в силу неразрывных причинно-следственных связей образуют единое целое, образуют экосистему. Используя известные методы экосистему можно описать комплексной схемой прямых и обратных связей, поддерживающих способность системы сохранять постоянство своего внутреннего состояния посредством скоординированных реакций, направленных на поддержание

динамического равновесия системы в некоторых пределах параметров окружающей среды (рис. 1).

В экосистеме каждое событие – это одновременно и причина возникновения других событий. Вся природа представляет собой единую сеть вещественных, энергетических и информационных взаимодействий, организованных в виде замкнутых авторегулируемых циклов. В недрах этой системы сравнительно недавно возникла и стремительно разрослась техносфера – порождение человеческой цивилизации. Техносфера нарушает замкнутость природных круговоротов. Люди разорвали круг связи в биосфере, создав бесчисленные циклы и линейные цепи искусственных событий. В результате назрели главные современные проблемы – нарушение окружающей природной среды превысило предел выносимости биосферы, и человек оказался в ловушке противоречий между своей биологической сущностью и нарастающим отчуждением от природы.

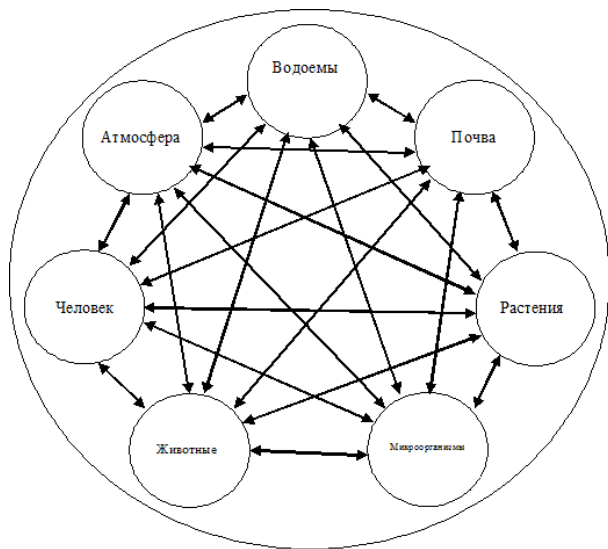


Рисунок 1 — Структура экосистемы и схема взаимодействия между компонентами

В настоящее время загрязнение природы приобретает катастрофические размеры. Особое значение имеют водные акватории, воздействие техносферы на которые является актуальной проблемой. Под загрязнением водных ресурсов понимают любые изменения физических, химических и биологических свойств воды в водоемах в связи со сбрасыванием в них жидких, твердых и газообразных веществ, которые причиняют или могут создать неудобства, делая воду данных водоемов опасной для использования, нанося ущерб экосистеме, здоровью и безопасности населения.

Водные экосистемы чрезвычайно чувствительны к воздействию загрязнителей. Источники загрязнения водоемов очень разнообразны и трудно поддаются нейтрализации. Загрязнение водных систем представляет большую опасность, поскольку процессы, происходящие в них, имеют огромное значение для обеспечения жизни на Земле. Вследствие проживания в опасно отравленной среде обитания распространяются раковые и другие экологически зависимые заболевания различных органов. У половины новорожденных, получивших даже незначительное дополнительное облучение на определенном этапе формирования плода в теле матери, обнаруживаются задержки умственного развития.

В реках и других водоемах происходит естественный процесс самоочищения воды. Однако он протекает медленно. Пока промышленно-бытовые сбросы были невелики, реки сами справлялись с ними. В наш индустриальный век в связи с резким увеличением отходов водоемы уже не справляются со столь значительным загрязнением. Возникла необходимость обезвреживать, очищать сточные воды и утилизировать их.

Очистка сточных вод из промышленных, энергетических, транспортных, сельскохозяйственных предприятий сейчас волнует очень многих людей. Очистка сточных вод – обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из них вредных веществ. Освобождение сточных вод от загрязнения сложное производство. В нем, как и в любом другом производстве имеется сырье (сточные воды) и готовая продукция (очищенная вода).

Из системы общесплавной канализации очищенная вода попадает в реки, озера и моря. Степень очистки всегда недостаточна. С ростом населения, возникновением новых городов увеличивается количество

загрязняющих веществ, поступающих в реки и водоемы. Увеличился объем бытовых стоков. Содержание сливных вод загрязняет реки и озера различными новыми химикатами и их более опасными соединениями. В результате снижается способность вод к насыщению кислородом, вода заболачивается, останавливается деятельность полезных бактерий, которые перерабатывают органические вещества и делают воду пригодной для повторного использования.

Процессы загрязнения поверхностных вод обусловлены различными факторами. Основными источниками загрязнения и засорения водоемов является недостаточно очищенные сточные воды промышленных и коммунальных предприятий, крупных животноводческих комплексов, отходы производства при разработке рудных ископаемых; воды шахт, рудников, обработки и сплаве лесоматериалов; сбросы водного и железнодорожного транспорта; отходы первичной обработки льна, пестициды и т.д. Кроме поверхностных вод постоянно загрязняются и подземные воды, в первую очередь в районах крупных промышленных центров. Источники загрязнения подземных вод весьма разнообразны.

Загрязнение природной воды идет не только из сточных вод, но и из атмосферы. По пути к земле дожди вступают в контакт с загрязненным воздухом, парами, серной и азотной кислотой, которые превращают их в кислотные дожди, которые, в свою очередь, наносят огромный урон растениям, а также снова попадают в реки, озера и грунтовые воды. В этой воде содержится много органических и неорганических, токсичных химических соединений, превышающих во много раз установленные предельно-допустимые значения вредных веществ для человека.

Водоемы загрязняются в основном в результате спуска в них сточных вод от промышленных предприятий и населенных пунктов. В результате сброса сточных вод изменяются физические свойства воды (повышается температура, уменьшается прозрачность, появляются окраска, привкусы, запахи); на поверхности водоема появляются плавающие вещества, а на дне образуется осадок; изменяется химический состав воды (увеличивается содержание органических и неорганических веществ, появляются токсичные вещества, уменьшается содержание кислорода, изменяется активная реакция среды и др.); изменяется качественный и количественный

бактериальный состав, появляются болезнетворные бактерии. Загрязненные водоемы становятся непригодными для питьевого, а часто и для технического водоснабжения; теряют рыбохозяйственное значение и т. д.

Общие условия выпуска сточных вод любой категории в поверхностные водоемы определяются народнохозяйственной их значимостью и характером водопользования. После выпуска сточных вод допускается некоторое ухудшение качества воды в водоемах, однако это не должно заметно отражаться на его жизни и на возможности дальнейшего использования водоема в качестве источника водоснабжения, для культурных и спортивных мероприятий, рыбохозяйственных целей.

Для того, чтобы не загрязнять окружающую среду, сточные воды подвергаются обработке на специальных комплексах очистных сооружений. Очистные сооружения – это набор технологического оборудования, позволяющего очистить сточные воды до нормативных показателей с учетом установленных требований, с последующим сбросом осветленных вод в водоем, или городскую канализацию. Возможен также их рецикл и повторное применение в технических нуждах различных предприятий.

Для определения состава сточных вод, поступающих на очистные сооружения, проводится множество различных анализов, как химических, так и санитарно-бактериологических [1, 2]. Характеристики, несущие «технологические сведения», т.е. позволяющие осуществлять анализ состава сточных вод, а также сделать заключение о санитарно-эпидемиологическом состоянии воды, принято считать обязательными. На практике сточные воды контролируются по 30 - 100 показателям. Полученные результаты не влияют на технологические режимы работы очистных сооружений, а используются только для идентификации объектов, превысивших предельно допустимую концентрацию загрязняющих веществ в сбрасываемых сточных водах для наложения на них штрафных санкций.

Способы устранения загрязнения сточных вод заключаются в реализации типовой технологии и выбираются исходя из предположения наличия максимального количества загрязнений определенной номенклатуры. Основные отличия между ними заключаются в различии химического состава, физических свойств и объемов сточных вод конкретных городов и производств. С течением времени состав загряз-

нений сточных вод меняется, что требует изменения технологической схемы очистки сточных вод.

Обоснование предложенного подхода построения системы устранения аварийных сбросов

Многие системы очистки сточных вод не предназначены для устранения вредных веществ, которые могут образоваться при возникновении нештатных ситуаций, например, в результате техногенных аварий при эксплуатации различного оборудования и хранении таких веществ [3, 4]. В этих случаях в сточных водах возможно образование сгустков загрязняющих веществ, которые могут нарушить работу и сократить время эксплуатации очистных фильтров.

В таких ситуациях при обнаружении сгустков необходимо отвести их из общего потока сточных вод в отстойник или при известных составляющих такого сгустка провести дополнительную очистку воды специализированными фильтрами [5-11].

При возникновении такой ситуации необходимо предварительно определить тип возможного загрязняющего вещества из перечня хранящихся на контролируемом предприятии веществ. Далее следует настроить аппаратуру контроля на выявление этих веществ, чтобы в случае возникновения запроектной аварии оперативно их устранить, не давая попасть им на общие очистительные фильтры.

Установка для устранения аварийного сброса

Авторами предложена установка для устранения аварийных сбросов [12], которые могут появиться при возникновении рассмотренных выше непредвиденных аварийных ситуаций.

Установка состоит из следующих основных частей (рис.2). Трубопровод 2 по которому перемещается контролируемая водная среда 1, первый оптоэлектронный датчик 3, установленный в трубопроводе 2, и состоящий из ряда источников и приемников оптического излучения, блок обработки и управления 4 на базе микроконтроллера, связанный с первым оптоэлектронным датчиком 3, отвод (ответвление) 5 от трубопровода 2, расположенный после места установки первого оптоэлектронного датчика 3, элементы 6, 7 блокировки движения контролируемой среды, например, задвижки, установленные

в трубопроводе 2 и отводе 5 соответственно, причем элемент 6 расположен после места расположения отвода, фильтр очистки 8, установленный на выходе трубопровода; на выходе отвода 5 после элемента блокировки 7 установлены второй оптоэлектронный датчик 9, и блок 10 утилизации загрязненной контролируемой среды. Перед отводом 5 установлены дополнительные отводы 11, каждый из которых снабжен оптоэлектронным датчиком 12, связанным с блоком обработки и управления 4. Каждый дополнительный отвод 11 снабжен элементом блокировки контролируемой среды 13, соединенным с блоком обработки и управления, и дополнительным фильтром очистки 14, а также выходная труба 15, соединяющая установку с водоемом.

В блоке обработки и управления 4 установлены значения эталонной оптической плотности контролируемой среды и допустимые отклонения от нее. Эти отклонения контролирует первый оптоэлектронный датчик 3. Кроме этого в блоке 4 хранятся значения оптических плотностей компонентов среды возможных для данного объекта контроля загрязнителей. Значения этих оптических плотностей и возможные отклонения от них контролируют оптоэлектронные датчики 12.

Выбор эталонного значения оптической плотности каждого компонента возможного аварийного сброса с последующим его запоминанием в блоке 4 производится на основе спектрального анализа данного компонента и определения той длины волны оптического излучения, на которой оптическая плотность исследуемого компонента максимальна.

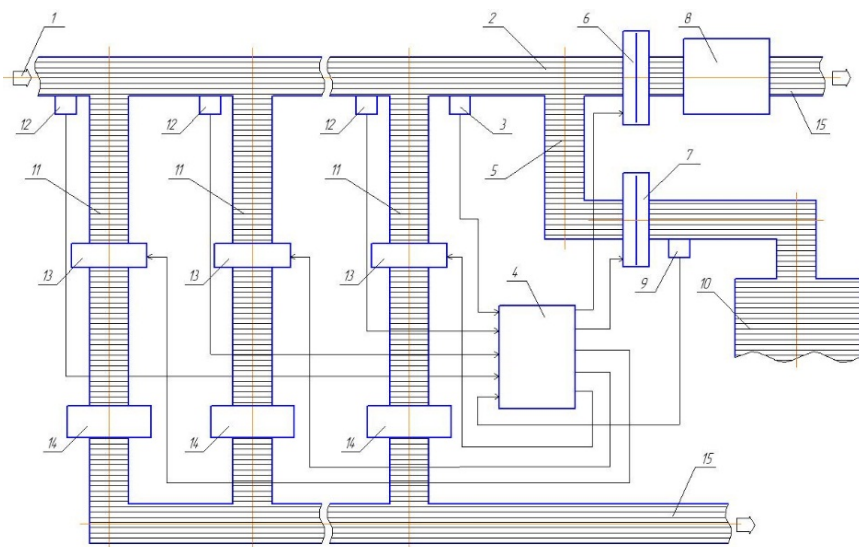


Рисунок 2 — Структура экосистемы и схема взаимодействия между компонентами

Рассмотрим принцип действия установки. В процессе мониторинга водной среды в блоке 4 производится непрерывное сравнение текущей оптической плотности водной среды, полученной в результате обработки сигналов, поступающих с первого оптоэлектронного датчика 3 и оптоэлектронных датчиков 12, с эталонной оптической плотностью контролируемой среды. В нормальном состоянии, когда оптическая плотность среды не превышает допустимого порогового значения, задвижка 6 открыта, а задвижка 7 закрыта. При этом контролируемый водный поток, проходя через фильтр очистки 8, поступает в окружающую среду (водоем).

В случае выхода величины текущей оптической плотности водной среды за допустимые пороги, что может произойти при аварийном сбросе на объекте контроля (предприятии), с блока обработки и управления 4 поступают управляющие сигналы на те элементы блокировки контролируемой водной среды 13, в отводах которых установлены дополнительные фильтры 14, предназначенные для фильтрации

соответствующих компонентов, содержащихся в продуктах аварийного сброса. При открытии соответствующих элементов 13 компоненты аварийного сброса фильтруются дополнительными фильтрами 14, установленными в этих отводах, после чего очищенная вода поступает в открытый водоем.

Возможные остатки аварийного сброса контролируются первым оптоэлектронным датчиком 3. При увеличении текущей оптической плотности остатков аварийного сброса, фрагменты которого не могут быть отфильтрованы дополнительными фильтрами очистки 14, с блока обработки и управления 4 подаются управляющие сигналы на закрытие задвижки 6 (первый выход блока 4) и открытие задвижки 7 (второй выход блока 4). В результате остатки загрязняющего вещества вместе с контролируемой водной средой поступают через отвод 5 в блок утилизации 10 для дальнейшей утилизации и не проходят в систему очистки, то есть на фильтр 8 и далее в окружающую среду. При восстановлении через определенный интервал времени начального значения текущей оптической плотности контролируемой водной среды (окончание аварийного сброса) задвижки возвращаются в нормальное положение (задвижка 6 открыта, задвижка 7 закрыта).

Для повышения достоверности определения момента окончания поступления загрязняющих веществ от аварийного сброса в блок утилизации 10 и недопустимости их проникновения в окружающую среду, используется второй оптоэлектронный датчик 9, аналогичный первому датчику 3, сигнал с которого пропорциональный оптической плотности водной среды в отводе 5 после места расположения заслонки 7 поступает на второй вход блока обработки и управления 4, который выдает управляющий сигнал на открытие заслонки 6 только в том случае, если оптическая плотность протекающей водной среды после прохождения заслонки 7 восстановит свое эталонное значение.

Заключение

Таким образом, использование предложенной установки позволяет снизить вероятность поступления различных загрязнений в виде сгустков от различных аварий на очистительные фильтры, находящиеся в основном канале движения водной среды, что увеличивает срок службы фильтров очистки.

Кроме этого, достигается снижение хранимого объема жидкости, содержащего продукты аварийного сброса, и возможности использования части отфильтрованной воды, подающейся в водоем, и, как следствие, уменьшение объема блока утилизации. В результате снижаются затраты на дальнейшую утилизацию продуктов аварийного сброса, связанные, например, с их транспортировкой к месту переработки и утилизации остатков аварийного сброса.

Интеллектуальный контроль загрязнений сточных вод, реализуемый в предложенной установке, расширяет функциональные возможности средств контроля за счет обеспечения идентификации и устранения множества загрязняющих веществ различной концентрации от разного рода аварий, что позволяет обеспечить комплексную стабильность функционирования экосистемы.

Список литературы

1. Об утверждении Правил осуществления контроля состава и свойств сточных вод и о внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации / Постановление Правительства РФ от 22 мая 2020 г. N 728 с изменениями и дополнениями от 30 ноября 2021 г. и 28 ноября 2023 г.
2. Об утверждении Правил создания и эксплуатации системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ / Постановление Правительства РФ от 13 марта 2019 года N 262.
3. Шахмарьян, М.А. Уральский регион России – опасности природного, техногенного и экологического характера / М.А. Шахмарьян, В.А. Акимов, К.А. Козлов // Экология и промышленность России. – 2002. – №3. – С. 4–8.
4. Габричидзе, Т.Г. Основы комплексной системы безопасности критически важных (потенциально опасных) объектов муниципального и регионального уровней: монография / Т.Г. Габричидзе. – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2012. – 390 с.
5. Алексеев, В.А. Разработка теоретических и методических основ управления аварийными сбросами в технологическом процессе очистки сточных вод в контексте социозэколого-экономической системы крупного предприятия / В.А. Алексеев, В.П. Усольцев, С.И. Юран // Приборостроение – 2014: материалы 7-й Международной научно-технической конференции. Минск, 2014. – С. 20-22.
6. System of laser monitoring of water pollution with application of relative description of signal shape / V.A. Alekseev, S.I. Yuran, V.P. Usoltsev, D.N. Shulmin // Devices and Methods of Measurements. – 2020. – Т. 11. – № 2. – С. 114-121.
7. Патент № 113845 на полезную модель. МПК G01N 21/00. Устройство устранения аварийного выброса / Алексеев В.А., Козаченко Е.М., Юран С.И., Перминов А.С. Заявка № 2011144701/28 от 03.11.2011. Опубл. 27.02.2012.

8. Алексеев, В.А. Контроль загрязнений сточных вод и промышленных стоков с использованием двухчастотного лазерного зондирования / В.А. Алексеев, В.П. Усольцев, С.И. Юран // Безопасность в техносфере. – 2017. – Т.6. – №1. – С.3-9.
9. Алексеев, В.А. Идентификация аварийных выбросов в системах фильтрации сточных вод в явно выраженных условиях многомерности и неопределенности / В.А. Алексеев, В.П. Усольцев, С.И. Юран // Интеллектуальные системы в производстве. – 2013. – № 2(22). – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2013. – С.173-177.
10. Система управления автоматической установкой контроля оптической плотности сточных вод / В.А. Алексеев, С.А. Ардашев, Е.М. Козаченко, С.И. Юран // Вестник ИжГТУ. – 2010. – №4 (48). – С.101-105.
11. Гусенников, Е.Н. Автоматизированная система устранения аварийных сбросов предприятий АПК / Е.Н. Гусенников, С.И. Юран, В.П. Усольцев // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 3(79). – С. 99-106.
12. Патент №153362 РФ на полезную модель. МПК G01N15/06. Устройство устранения аварийного выброса / Алексеев В.А., Девятов Н.А., Юран С.И., Усольцев В.П. Заявка 2014141487 от 14.10.2014. Опубл.: 20.07.2015. Бюл. № 20.

**CONTROL OF WASTEWATER POLLUTION IN THE
COMPREHENSIVE PROVISION OF STABILITY OF
ECOSYSTEM FUNCTIONING**

V.A. Alekseev, V.P. Usoltsev

Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

e-mail: *alekseevv@istu.ru*

S.I. Yuran

Udmurt State Agrarian University, Izhevsk, Russia

e-mail: *yuran-49@yandex.ru*

The article evaluates the efficiency of emergency discharge control in wastewater systems in the comprehensive provision of ecosystem functioning stability. The functional diagram and operating principle of the installation for eliminating emergency discharge of pollutants into wastewater using the method of measuring changes in the optical density of the aquatic environment are given.

Keywords: emergency discharge, optical density control, wastewater, ecosystem.

УДК 519.23

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОГНОЗА УСТОЙЧИВОСТИ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

А.В. Леонтьев, В.М. Афанасьев

ФГБОУ ВО «Казанский Национальный Исследовательский
Технический Университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань,
Россия

e-mail: *av.leontiev@yandex.ru*.

В статье приведено описание инженерно-технических мероприятия, направленных на снижение рисков, связанных с оттаиванием мерзлоты, включая глубокое закладывание фундаментов, использование теплоизоляционных материалов, систем дренажа и вентиляции, применение свайных фундаментов и мерзлото-защитных сооружений. Приводятся результаты факторного и регрессионного анализов, направленные на разработку модели оценки состояния устойчивости фундаментов зданий в зависимости от климатических факторов для одного из объектов ПАО «ГМК «Норильский никель». Получена в виде полинома математическая модель, позволяющая определить влияние таких параметров, как температура окружающей среды, высота снежного покрова и скорость ветра, на угол отклонения конструкций зданий.

Ключевые слова: математическое моделирование, инженерно-технические мероприятия, вечная мерзлота, инклинометр.

Введение

Активное освоение арктических территорий в части строительства опасных производственных объектов способствует созданию условий для появления источников чрезвычайных ситуаций. В частности, вечная мерзлота оказывает различное негативное влияние не только на состояние заглубленных зданий и сооружений объектов, но и на их фундаменты. Вечная мерзлота – это грунт, который находится в постоянном состоянии замороженности на протяжении большей части года. Этот тип мерзлоты имеет определенные физические свойства, которые нужно учитывать при проектировании и строительстве зданий, что в частности учитывается строительными нормами и правилами ряда

государств, расположенных в Арктической зоне [1-4]. Вечная мерзлота, также известная как перманентная мерзлота, представляет собой важный фактор, влияющий на строительство и эксплуатацию зданий в условиях северных регионов. Влияние вечной мерзлоты на фундаменты зданий – это одна из ключевых проблем, с которой сталкиваются инженеры и строители [5-7]. Прежде всего, вечная мерзлота очень твердая и имеет высокую прочность, что означает, что она может выдерживать значительные нагрузки. Однако при размораживании грунта могут возникать проблемы с его устойчивостью, что может привести к деформации и разрушению фундаментов зданий, а также объектов инфраструктуры [8]. К основным факторам, оказывающим существенное влияние на фундаменты зданий и сооружений опасных производственных объектов, можно отнести следующие:

- 1) Усадка почвы. Когда мерзлота тает, она становится мягкой и неустойчивой, что может вызвать смещение фундаментов и привести к деформации здания.
- 2) Изменение прочностных характеристик. В этом случае грунт может утратить свою прочность и упругость, что может привести к падению фундаментов и разрушению здания. Кроме того, дифференциальное таяние мерзлоты может вызвать неравномерные деформации фундаментов и структурных элементов здания.
- 3) Влагопроницаемость почвы. В результате оттаивания мерзлоты может увеличиться уровень воды в грунте, что может привести к подмыву фундаментов и возникновению коррозии в структурных элементах здания.

Воздействия перечисленных факторов на опасные производственные объекты в настоящий момент могут быть снижены за счет проведения инженерно-технических мероприятий [9]. В частности, это:

- 1) Глубокое закладывание фундамент. Учитывая изменчивость глубины замороженного слоя в разных регионах, критически важно определить глубину, на которой фундамент будет устойчивым к деформациям, вызванным оттаиванием мерзлого грунта. Это требует тщательного инженерного анализа и учета геотехнических характеристик местности.
- 2) Использование теплоизоляционных материалов. Подходящие теплоизоляционные материалы могут значительно снизить теп-

- лопотери в землю от здания и тем самым уменьшить риск разрушения фундамента. Это может включать в себя использование теплоизолирующих блоков или добавление изоляционных слоев в сам фундамент.
- 3) Системы дренажа и вентиляции. Эффективные системы дренажа и вентиляции помогают контролировать уровень влажности в грунте вокруг фундамента, что снижает вероятность поднятия уровня грунтовых вод и минимизирует риск деформации конструкции из-за гидростатического давления.
 - 4) Использование свайного фундамента. В случае, когда глубокое закладывание фундамента не является практичным или экономически оправданным, свайный фундамент может быть предпочтительным вариантом. Сваи, забитые до уровня стабильного мерзлого слоя, обеспечивают дополнительную устойчивость и защиту от деформаций.
 - 5) Использование мерзлотозащитных сооружений. В некоторых случаях может быть целесообразно применять специальные мерзлотозащитные сооружения, такие как замороженные стены или тепловые заслоны, чтобы создать барьеры для защиты фундамента от оттаивания мерзлого грунта.

Методы исследования

Безусловно, перечисленные инженерные мероприятия являются эффективными для обеспечения защиты зданий и сооружений. Но они являются затратными и сложными для реализации. В связи с этим важным на сегодняшний момент остается применение технологий мониторинга за изменениями, происходящими со зданиями и сооружениями, расположенных на площадках опасных производственных объектов, находящихся в условиях вечной мерзлоты [10]. В частности, применение акустических методов или инклинометров для непрерывного наблюдения за наклонами стен, потолков и других конструкций зданий [11]. Накопленная информация о смещениях фундаментов может быть полезна для получения прогнозных состояний устойчивости зданий и сооружений с учетом климатических данных. На рис. 1 приведена информация о распределении значений отклонений фундамента для одного из объектов, находящихся в зоне вечной мерзлоты. Представленные на графике данные свидетельствуют о том, что на протяжении 9 месяцев постоянно происходят отклонения от осей X и Y, т.е. по сути, здание

постоянно находится «в движении». Поэтому технологии мониторинга остаются на сегодняшний день очень актуальными. Однако изобилие различных сведений и фактор, оказывающих влияние на рассматриваемые процессы, принуждает нас к проведению факторного анализа. Необходимо создавать аналитические модели на основе наблюдаемых параметров, чтобы своевременно зафиксировать возможные катастрофические отклонения и на основе этого обосновать объемы инженерно-технических мероприятий. Целью настоящей статьи является описа-

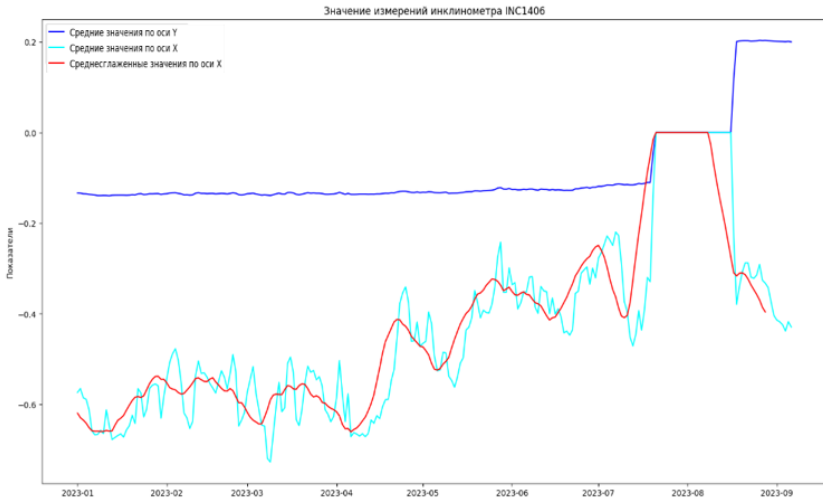


Рисунок 1 — Распределение значений инклинометра

ние результатов проведенного факторного и регрессионного анализов для разработки модели оценки состояния устойчивости фундаментов зданий и сооружений в зависимости от климатических факторов. Так для опасных производственных объектов ПАО «ГМК «Норильский никель» угроза обрушения зданий и сооружений рассматривается как наиболее опасная с точки зрения масштаба последствий реализации чрезвычайной ситуации. За последние 10 лет были накоплены данные о ежедневных климатических условиях (рис.2): средняя скорость

Раздел I

ветра, видимость, температура точки росы, относительная влажность воздуха, атмосферное давление, высота снежного покрова.

Часы	Дата	Средняя скорость ветра, м/с	Видимость, км	Явления	Температура точки росы С	Относительная влажность воздуха %	Атмосферное давление - измеренное на уровне метеостанции атмосферное давление, гПа	Высота снежного покрова см
0:00:00	01.01.2023	2	20,00		-35,2	75	1 038,1	74,0
0:00:00	02.01.2023	1	20,00		-35,0	70	1 019,6	74,0
0:00:00	03.01.2023	1	20,00		-38,1	70	1 014,9	74,0
0:00:00	04.01.2023	0	20,00 [снег]		-35,7	76	1 013,9	73,0
0:00:00	05.01.2023	1	4,00 дымка		-41,1	70	1 005,8	74,0
0:00:00	06.01.2023	5	2,00 дымка		-44,4	70	1 002,9	73,0
0:00:00	07.01.2023	6	2,00 позёмок (метель)		-46,8	70	1 005,5	73,0
0:00:00	08.01.2023	4	10,00		-47,5	71	1 010,3	71,0
0:00:00	09.01.2023	6	20,00 позёмок (снег, метель)		-40,4	69	1 003,4	68,0
0:00:00	10.01.2023	4	4,00 дымка		-45,6	66	1 001,3	65,0
0:00:00	11.01.2023	6	4,00 позёмок		-38,1	69	1 009,2	65,0
0:00:00	12.01.2023	5	4,00 слаб. снег (метель)		-42,9	70	1 016,7	65,0
0:00:00	13.01.2023	4	20,00 (метель)		-45,6	66	1 022,0	63,0
0:00:00	14.01.2023	0	20,00		-51,4	62	1 019,2	63,0
0:00:00	15.01.2023	0	1,00 дымка		-49,2	72	1 015,8	63,0
0:00:00	16.01.2023	5	4,00 дымка		-48,2	64	1 013,4	64,0
0:00:00	17.01.2023	1	2,00 дымка		-51,1	54	1 022,8	64,0
0:00:00	18.01.2023	1	20,00		-49,8	67	1 030,1	63,0
0:00:00	19.01.2023	0	10,00		-46,1	71	1 026,8	63,0
0:00:00	20.01.2023	4	10,00		-43,8	70	1 037,9	64,0
0:00:00	21.01.2023	3	20,00		-43,3	70	1 044,4	64,0
0:00:00	22.01.2023	10	4,00 слаб. снег (метель)		-24,7	65	1 030,2	63,0
0:00:00	23.01.2023	10	20,00 сильный позёмок (метель)		-24,6	70	1 020,7	56,0
0:00:00	24.01.2023	0	20,00		-37,8	70	1 018,0	56,0
0:00:00	25.01.2023	6	20,00 позёмок (метель)		-30,1	76	1 008,9	56,0
0:00:00	26.01.2023	8	4,00 слаб. ливневой снег		-21,5	80	993,6	49,0
0:00:00	27.01.2023	10	10,00 сильный позёмок (метель)		-22,8	80	987,0	55,0
0:00:00	28.01.2023	8	10,00 позёмок (метель)		-21,0	80	990,8	57,0
0:00:00	29.01.2023	6	20,00 позёмок (снег, метель)		-20,9	80	994,5	57,0
0:00:00	30.01.2023	3	20,00		-32,9	70	1 000,0	56,0

Рисунок 2 — Фрагмент таблицы данных о значениях климатических факторов

Значения климатических факторов по дате измерений были сопоставлены с данными инклинометров, установленными на одном из объектов ПАО «ГМК «Норильский никель», всего – 4217 измерения (рис.3). Таким образом, были сформированы статистические данные по отклонению фундаментов зданий и сооружений и климатических факторов. Интересующее нас событие (выходной параметр) – это угол наклона конструкции объекта. Факторами (входными параметрами), которые оказывают влияние на процессы отклонения, являются следующие: средняя скорость ветра, видимость, температура воздуха, относительная влажность воздуха, атмосферное давление, высота снежного покрова. В результате эти параметры в дальнейшем позволят получить вид зависимости угла отклонения здания от климатических факторов.

ИД устройства	Наименование устройства	Тип	Дата показаний	Среднее значение за день
INC1401	ДИ 15 RS-485	Y	01.01.2022	0,130
INC1402	ДИ 15 RS-485	X	01.01.2022	-0,360
INC1402	ДИ 15 RS-485	Y	01.01.2022	-0,250
INC1403	ДИ 15 RS-485	X	01.01.2022	-1,190
INC1403	ДИ 15 RS-485	Y	01.01.2022	0,980
INC1404	ДИ 15 RS-485	X	01.01.2022	-1,160
INC1404	ДИ 15 RS-485	Y	01.01.2022	-0,360
INC1405	ДИ 15 RS-485	Y	01.01.2022	-1,300
INC1405	ДИ 15 RS-485	X	01.01.2022	0,460
INC1406	ДИ 15 RS-485	X	01.01.2022	0,130
INC1406	ДИ 15 RS-485	Y	01.01.2022	-0,550
INC1407	ДИ 15 RS-485	Y	01.01.2022	-0,040
INC1407	ДИ 15 RS-485	X	01.01.2022	-1,350
INC1408	ДИ 15 RS-485	Y	01.01.2022	-0,840
INC1408	ДИ 15 RS-485	X	01.01.2022	-0,230
INC1401	ДИ 15 RS-485	Y	01.01.2022	-1,230
INC1401	ДИ 15 RS-485	X	02.01.2022	-0,360
INC1402	ДИ 15 RS-485	Y	02.01.2022	0,130
INC1402	ДИ 15 RS-485	X	02.01.2022	-1,190
INC1403	ДИ 15 RS-485	X	02.01.2022	-0,250
INC1403	ДИ 15 RS-485	Y	02.01.2022	0,980
INC1404	ДИ 15 RS-485	X	02.01.2022	-1,160
INC1404	ДИ 15 RS-485	Y	02.01.2022	-0,360
INC1405	ДИ 15 RS-485	X	02.01.2022	-1,300
INC1405	ДИ 15 RS-485	Y	02.01.2022	0,130
INC1406	ДИ 15 RS-485	X	02.01.2022	0,460
INC1406	ДИ 15 RS-485	Y	02.01.2022	-0,550
INC1407	ДИ 15 RS-485	X	02.01.2022	-0,040
INC1407	ДИ 15 RS-485	Y	02.01.2022	-0,840
INC1408	ДИ 15 RS-485	Y	02.01.2022	-1,350
INC1408	ДИ 15 RS-485	X	02.01.2022	-0,230
INC1401	ДИ 15 RS-485	Y	02.01.2022	-1,230
INC1401	ДИ 15 RS-485	X	03.01.2022	-0,360
INC1402	ДИ 15 RS-485	X	03.01.2022	0,130
INC1402	ДИ 15 RS-485	Y	03.01.2022	-0,250
INC1403	ДИ 15 RS-485	X	03.01.2022	-1,190
INC1403	ДИ 15 RS-485	Y	03.01.2022	0,980

Рисунок 3 — Фрагмент таблицы данных, полученных измерительными приборами

Результаты исследования и их обсуждение

Данные, представленные на рис.4, о распределение частот значений отклонений, полученных на основе измерений инклинометра, свидетельствуют о том, что нет определенного закона и нет очевидной зависимости. Так, например, для того, чтобы продемонстрировать влияние климатических факторов на отклонение конструкции зданий и сооружений, на рис. 5-7 приведено распределение значений, измеренных инклинометрами для трех параметров в отдельности.

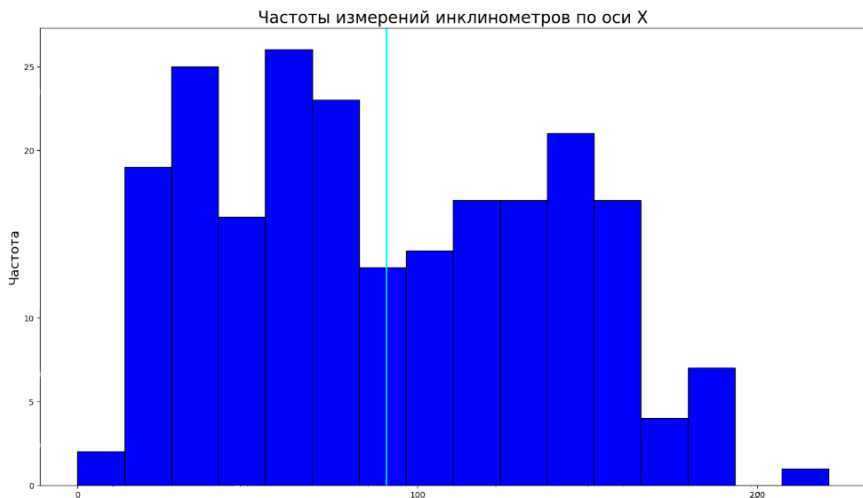


Рисунок 4 — Распределение частот измерений инклинометра

На основе метода наименьших квадратов [12] была произведена оценка коэффициентов линейной зависимости влияния одного из климатических факторов на угол отклонения конструкции здания. Так, например, аналитическая зависимость влияния температуры (t) на угол наклона конструкции (x) имеет следующий вид:

$$t = 48,41 + 119,41x \tag{1}$$

Коэффициент корреляции получили равный 92 %, что говорит о достаточно тесной влиянии температуры и отклонений конструкции

зданий [13]. Действительно изменение температуры окружающей среды играет одну из ключевых ролей для поведения зданий. Такой параметр, как температура, является фактором, оказывающим влияние на ряд других процессов. Например, таяние мерзлых пород, изменение водного режима, расширение и сжатие грунта, для некоторых районов появление талых торфяников и на изменение тепловых потоков. Поэтому учет в общей модели определения угла отклонения здания показатель температуры является основным параметром.

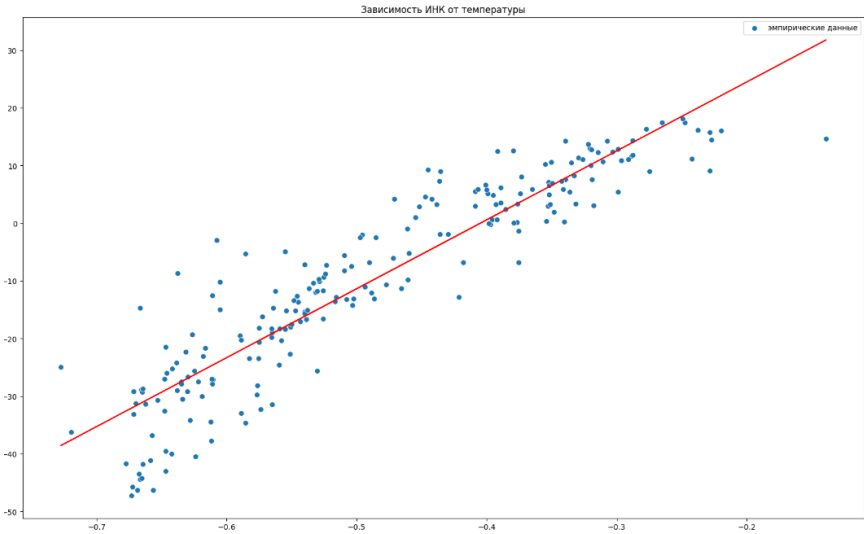


Рисунок 5 — График корреляции температуры и отклонений инклинометра

Аналитическая зависимость влияния высоты снежного покрова (h) на угол наклона конструкции (x) имеет следующий вид:

$$h = -6,33 - 127,01x \quad (2)$$

Коэффициент корреляции получили равный 84 %, что говорит также о высокой линейной связи между высотой снежного покрова и отклонениями здания. Рассматриваемый фактор так же, как и темпера-

тура, может оказывать существенное влияние на образование других условий. В частности: на увеличение давления на грунт, на изменение условий мерзлотного грунта, на возможность образования ледяных линз (создается механическое напряжение в грунте), кроме этого, для некоторых территорий – на увеличение риска схода снежных лавин (механическое воздействие на здание) и даже на увеличение риска наводнения при сходе снега. Приведенные данные на рисунке 6 свидетельствуют о том, что необходимо исследовать влияние данного фактора на угол отклонения.

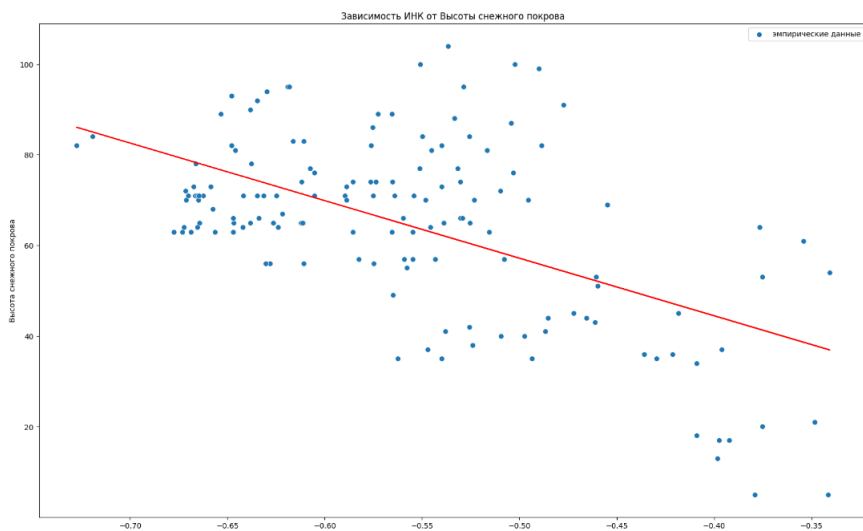


Рисунок 6 — График корреляции высоты снежного покрова и отклонений инклинометра

Данные, приведенные на рисунке 7, свидетельствуют о низкой линейной корреляции скорости ветра и значений отклонений, полученных инклинометром. Значение корреляции составило около 8%. Скорость ветра является в большей мере параметром, оказывающим опосредованное влияние на другие факторы. Например, механическое воздействие на конструкцию здания, ветровые нагрузки, может влиять на теплопотери здания и провоцировать снежные заносы. Поэтому учет

скорости ветра возможен в совокупности с температурой окружающей среды и снежными заносами. Аналитическая зависимость влияния скорости ветра (v) на угол наклона конструкции (x) имеет следующий вид:

$$v = 3,51 - 2,02x \tag{3}$$

В соответствии с имеющимися данными (фрагмент таблицы приведен на рисунке 2) в нашем распоряжении имеются значения по шести климатическим факторам, перечисленным выше.

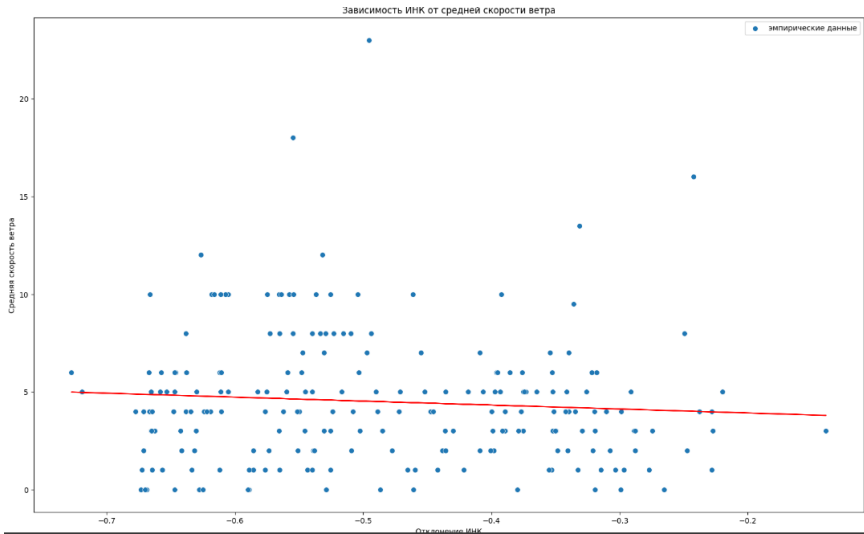


Рисунок 7 — График корреляции скорости ветра и отклонений инклинометра

Для проведения факторного анализа необходимо вычислить корреляционную матрицу между всеми параметрами, по которым имеются статистические данные, что позволяет определить степень взаимосвязи между ними (рис.8). Элементами этой матрицы являются значения парных корреляций между рассматриваемыми параметрами, которые вычисляются по следующей формуле [14]:

$$r_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^{4217} (x_i - M_X)(y_i - M_Y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{4217} (x_i - M_X)^2 (y_i - M_Y)^2}} \quad (4)$$

где x_i – значения, принимаемые параметром X ;

y_i – значения, принимаемые параметром Y ;

M_X – математическое ожидание параметра X ;

M_Y – математическое ожидание параметра Y .

Вычисленные значения между углом наклона здания и средней скоростью ветра, видимостью, температурой воздуха, относительной влажностью воздуха, атмосферным давлением, высотой снежного покрова приведены на рисунке 8. В результате вычислений парных корреляций получили значительное влияние на изменения угла наклона здания (на рисунке 8 – это обозначено, как среднее за день) трех параметров: температура (корреляция 92 %), высота снежного покрова (корреляция 84 %) и относительная влажность воздуха (корреляция 38 %).

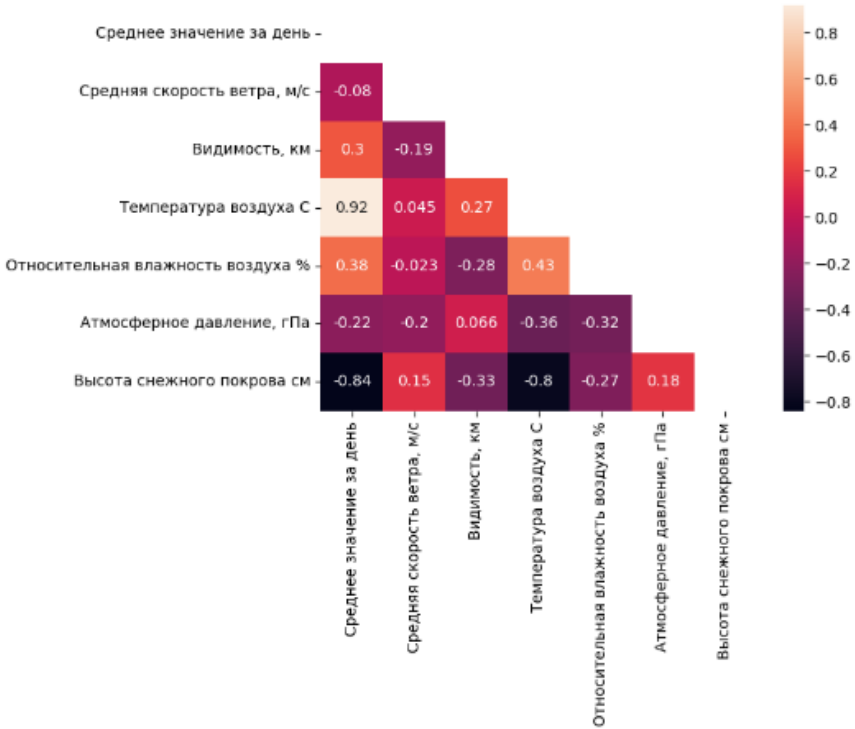


Рисунок 8 — Корреляционная матрица между рассматриваемыми параметрами

Полученные значения парных корреляций [15] позволяют включить в дальнейшее рассмотрения три основных климатических фактора. Также, применяя данные таблицы, фрагмент которой приведен на рисунке 2, был проведен регрессионный анализ, который позволил получить аналитическую зависимость угла наклона здания (α) от температуры t , высоты снежного покрова (h) и относительной влажности воздуха (w). Вид математической зависимости был определен исходя из взаимовлияния факторов между собой [5]. В результате за основную модель был выбран полином третьей степени, который аналитически выражается следующим образом:

$$\alpha(t, h, w) = (81 \cdot t + 0,1 \cdot w - 24 \cdot h - 0,1 \cdot t \cdot w - t \cdot h + 0,2 \cdot h \cdot w + 0,01 \cdot t \cdot h \cdot w - 4131) \cdot 10^{-4} \quad (5)$$

Получили множественный коэффициент корреляции, равный 93%. На рисунке 9 приведены результаты оценки погрешности модели (5): был произведен расчет для 215 точек, компонентами которых являются температура t (C0), высота снежного покрова h (см) и относительная влажность воздуха w (%). Значение погрешности составило 5%.

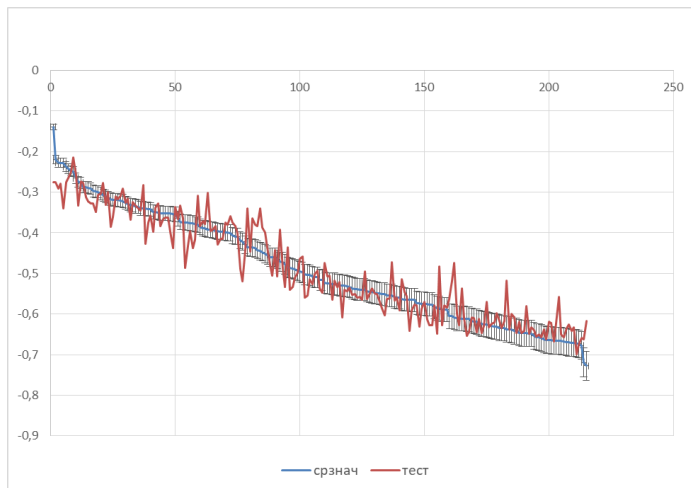


Рисунок 9 — Отклонение значений, полученных по модели (5), от среднего значения

Можно заключить, что за счет применения методов корреляционно-регрессионного анализа при обработке статистических данных возможно выявление значимых связей между основными показателями, характеризующими состояние зданий, сооружений и изменяющимися параметрами окружающей среды.

Заключение

Таким образом, проведенный анализ данных измерительных приборов (инклинометр) позволил получить аналитическую зависимость изменения угла наклона здания, расположенного в вечной мерзлоте, от значимых климатических факторов. Такая модель в дальнейшем может быть применена для прогноза состояния здания и сооружения в зависимости от изменения климатических условий. Что в свою очередь, будет являться обоснованием защитных инженерно-технических мероприятий для обеспечения устойчивости таких объектов. Тем самым, полученная модель является основой для дальнейшего расчета необходимых объемов мероприятий защиты, направленных на снижение возможного ущерба от чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах, расположенных в зоне вечной мерзлоты и времени для их реализации.

Список литературы

1. CAN/CSA-S501-14 National Standard of Canada Moderating the effects of permafrost degradation on existing building foundations. URL: <https://climatechange.toolkitnwtac.com/wp-content/uploads/sites/21/2018/06/Moderating-Permafrost-Degradation-Standard.pdf> (дата обращения 18.03.2024 г.).
2. Regulations on technical requirements for building works. 2019. URL: <https://www.dibk.no/globalassets/byggeregler/regulation-on-technical-requirements-for-construction-works-technical-regulations.pdf> (дата обращения 18.03.2024 г.).
3. СП 25.13330.2020 Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659326?ysclid=ltxc8u1w97253215535> (дата обращения 18.03.2024 г.).
4. . Passek V.V., Nabokov A.V., Passek Vyach.V., Andreev V.S. Contradictions of the content and form of construction structures on permafrost. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo [Housing Construction]*. 2020. No. 4–5, pp. 49–55. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-4-5-49-55>.
5. Landers, K., Streletskiy, D. (Un)frozen foundations: A study of permafrost construction practices in Russia, Alaska, and Canada. *Ambio* 52, 1170–1183 (2023). <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01866-9>.
6. Юрченко В.А., Манько А.В. Вечная мерзлота: геокриологические опасности и региональная деградация мерзлых грунтов // *Инженерный вестник Дона*. – 2023. – № 8(104). – С. 1-9.
7. Мельников В.П., Осипов В.И., Брушков А.В., Бадина С.В. и др. всего 18 чел. Снижение устойчивости инфраструктуры ТЭК России в Арктике как следствие повышения среднегодовой температуры приповерхностного слоя криолитозоны // *Вестник РАН*, 2022, Т. 92, № 4, С. 303-314.
8. Богданов И.С. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений в условиях криолитозоны // *Фундаменты*. – 2022. – № 1(7). – С. 14-15.
9. Kornilov T.A., Nikiforov A.Y. & Rabinovich M.V. Monitoring of Permafrost Foundation-Bed Soils of Low-Rise Buildings Having

- Unvented Underfloor Spaces. *Soil Mech Found Eng* 57, 336–342 (2020).
<https://doi.org/10.1007/s11204-020-09675-y>.
10. Syasko, V.; Shikhov, A. Assessing the State of Structural Foundations in Permafrost Regions by Means of Acoustic Testing. *Appl. Sci.* 2022, 12, 2364 <https://doi.org/10.3390/app12052364>
 11. Метод наименьших квадратов: методические указания / сост.: Л.В. Коломиец, Н.Ю. Поникарова. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2017 – 32 с.
 12. Richard B. Darlington Andrew F. Hayes Regression Analysis and Linear Models. The Guilford Press. New York London. 2017. 661 p. ISBN 978-1-4625-2113-5.
 13. Мазуров Б.Т., Падве В.А. Метод наименьших квадратов (статика, динамика, модели с уточняемой структурой) // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий) , 2017, Т. 22, № 2, С. 22-35.
 14. Özer, Mahmut & Suna, H. (2021). The Impact of School Tracking on Secondary Vocational Education and Training in Turkey. *Hacettepe University Journal of Education.* 1-16. 10.16986/HUJE.2021068158.

**THE POSSIBILITY OF PREDICTING THE STABILITY
OF HAZARDOUS INDUSTRIAL FACILITIES IN THE
CONTEXT OF CLIMATE CHANGE**

A.V. Leontiev, V.M. Afanasiev

"Kazan National Research Technical University named after A.N.

Tupolev – KAF", Kazan, Russia

e-mail: *av.leontiev@yandex.ru*.

The article describes engineering and technical measures aimed at reducing risks associated with permafrost thawing, including deep foundation laying, the use of thermal insulation materials, drainage and ventilation systems, the use of pile foundations, and permafrost protection structures. The results of factorial and regression analyses aimed at developing a model for assessing the stability of building foundations depending on climatic factors for one of the objects of PJSC "MMC Norilsk Nickel" are presented. A mathematical model in the form of a polynomial has been obtained, allowing to determine the influence of such parameters as ambient temperature, snow cover height, and wind speed on the angle of deviation of building structures.

Keywords: stability, hazardous industrial facilities, climate change, permafrost thawing, foundation, mathematical model, climatic factors.

УДК 624.131.537

КРАТКИЙ ОБЗОР МОДЕЛИ CHASM ДЛЯ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧВЫ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ УКРЕПЛЯЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ

К.Н. Кильмаматова, В.М. Афанасьев

Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева–КАИ, г. Казань, Россия
e-mail: *KNKilmatova@kai.ru, VMAfanasev@kai.ru*

Статья посвящена исследованию модели Комбинированной Гидрологии и Устойчивости склона (CHASM), которая представляет собой мощный инструмент для анализа устойчивости склонов и оценки рисков оползней. В рамках статьи рассматриваются принципы работы модели CHASM, её алгоритмы и численные схемы, а также результаты её применения в различных регионах. Статья также подчеркивает важность дальнейших исследований и доработок модели с целью повышения её перспективности в условиях меняющегося климата и урбанизации. Также подчеркивается потенциал CHASM в улучшении управления рисками оползней и повышении безопасности инфраструктуры.

Ключевые слова: оползни, модель комбинированной гидрологии и устойчивости, устойчивость склонов, безопасность городов, устойчивость инфраструктуры, геологические исследования.

Введение

Оползни представляют собой значительную угрозу для безопасности и инфраструктуры, особенно в районах с холмистым и гористым рельефом. Для эффективного управления рисками, связанными с оползнями, необходимы точные методы анализа устойчивости склонов.

Эффективное моделирование устойчивости склонов играет ключевую роль в прогнозировании и управлении рисками оползней. Модель Комбинированной Гидрологии и Устойчивости склона (CHASM – Combined Hydrology And Slope Stability Model) предлагает комплексный и физически обоснованный подход к оценке факторов, влияющих

на устойчивость склона, и позволяет проводить анализ затрат и выгод на меры по смягчению последствий.

Результаты применения CHASM в различных регионах, включая Гонконг и страны Юго-Восточной Азии, продемонстрировали ее способность точно классифицировать устойчивые и неустойчивые склоны, что делает модель важным инструментом для инженеров и исследователей. В данном тексте обсуждаются принципы работы модели, ее алгоритмы и численные схемы, а также освещаются достижения и перспективы дальнейшего использования CHASM в анализе устойчивости склонов в различных географических условиях.

Устойчивость склона при оползневых процессах

Детерминированное физически обоснованное моделирование устойчивости склона раньше проводилось на месте исследования с использованием Модели Комбинированной Гидрологии и Устойчивости склона (CHASM) для диагностики факторов, вызывающих оползни, и оценки соотношения выгоды-затраты на смягчение последствий оползней. В ходе проверки реализации в Гонконге было показано, что модель CHASM численно устойчива и способна правильно классифицировать 78% обрушенных склонов и 68% устойчивых склонов.

CHASM широко использовался практиками и исследователями устойчивости склонов для оценки опасности оползней вдоль дорог, а также в городских и сельских районах, и для предложения соответствующих мер в Малайзии, Индонезии, восточной части Карибского бассейна, Соединенном Королевстве и Новой Зеландии.

Краткий обзор модели CHASM приведен здесь - полное описание численной схемы и основных формул можно найти в работах Андерсона и Ллойда, а также в работах Уилкинсона и др. CHASM представляет поперечное сечение склона как обычную двухмерную сетку из столбцов и ячеек с геотехническими и гидрологическими параметрами, определенными для каждого типа почвы. Исходными гидрологическими условиями являются матричная аспирация (отрицательное давление пор) в верхних ячейках каждой колонны и положение уровня грунтовых вод. Последующими условиями динамического воздействия являются дождевые осадки определенной интенсивности и продолжительности, выпадающие на верхние ячейки. Для любого гидрологического отрезка времени (обычно около 10-60 секунд) используется прямая конечно-

разностная схема для решения уравнения Ричардса и закона Дарси для инфильтрации дождевых осадков, ненасыщенных и насыщенных потоков подземных вод. Условия влажности в ячейках, напоры давления и ненасыщенная гидравлическая проводимость обновляются на каждом временном шаге с использованием характеристических кривых влажности почвы и процедуры Миллингтона–Квирка. В конце каждого часа симуляции поля напора давления используются для расчета давления поровой воды (положительного и отрицательного) с целью ввода в двумерный метод предельного равновесия (LEM), чтобы рассчитать устойчивость склона. В анализе LEM коэффициент безопасности наклона (F) рассчитывается как отношение дестабилизирующих сил к силам сопротивления для потенциального местоположения поверхности скольжения оползня, так что $F < 1$ указывает на обвал. В CHASM либо упрощенный круговой метод срезов Бишопа, либо некруглый метод Ямбу реализованы с использованием автоматизированного алгоритма поиска для определения местоположения поверхности скольжения с минимальным значением F на данный момент.

Заключение

Модель Комбинированной Гидрологии и Устойчивости склона (CHASM) зарекомендовала себя как эффективный инструмент для оценки устойчивости склонов и диагностики рисков, связанных с оползнями. Исследования показали ее высокую точность в классификации склонов и надежность в различных географических условиях. Внедрение CHASM в практику позволило значительно улучшить подходы к управлению рисками оползней, обеспечивая возможность комплексного анализа, который учитывает как гидрологические, так и геотехнические факторы.

В будущем дальнейшие исследования и применение модели могут привести к совершенствованию методов оценки устойчивости склонов, что непосредственно скажется на безопасности населенных пунктов и инфраструктуры. Разработка усовершенствованных алгоритмов и интеграция с новыми технологическими решениями обеспечат CHASM актуальность и эффективность в условиях меняющегося климата и растущего градостроительства, способствуя более эффективному смягчению последствий оползней.

Список литературы

1. Almeida, S., Holcombe, E. A., Pianosi, F., and Wagener, T.: Dealing with deep uncertainties in landslide modelling for disaster risk reduction under climate change, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 17, 225–241, <https://doi.org/10.5194/nhess-17-225-2017>, 2017.
2. Arnone, E., Dialynas, Y. G., Noto, L. V., and Bras, R. L.: Accounting for soils parameter uncertainty in a physically based and distributed approach for rainfall-triggered landslides, *Hydrol. Process.*, 30, 927–944, <https://doi.org/10.1002/hyp.10609>, 2016.
3. Фоменко, И. К. Методология оценки и прогноза оползневой опасности : специальность 25.00.08 "Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение": автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук / Фоменко Игорь Константинович. – Москва, 2014. – 40 с. – EDN ZPEWHV.
4. Бобрович А.С. ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ОПОЛЗНЯ С УЧЕТОМ АНИЗОТРОПНОЙ МОДЕЛИ ГРУНТА // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 7. – С. 74-75.
5. Муравьева Е.В., Горбунова О.А. Опасные природные процессы: Учебно-методическое пособие / Е.В. Муравьева, О.А. Горбунова; [автор. ред.] – Казань: КНИТУ-КАИ, 2020. – 150 с. – Режим доступа: <http://elibs.kai.ru/>, Текст: электронный.
6. ГОСТ 22.0.03-97 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения (аутентичен ГОСТ Р 22.0.03-95) (Источник: ИСС "ТЕХЭКСПЕРТ").

A BRIEF OVERVIEW OF THE CHASM MODEL FOR
CALCULATING SOIL CHARACTERISTICS IN THE
PLANNING OF FORTIFICATIONS

K.N. Kilmamatova, V.M. Afanasev

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Kazan National Research Technical University named after A.N.

Tupolev–KAI», Kazan, Russia

e-mail: *KNKilmamatova@kai.ru, VMAfanasev@kai.ru*

The article focuses on the Combined Hydrology and Slope Stability Model (CHASM), a powerful tool for analyzing slope stability and assessing landslide risks. It discusses the principles, algorithms, and numerical schemes of the CHASM model and its applications in various regions. The author emphasizes the importance of further research and development of the model to enhance its potential in a changing climate and urban environment. The paper highlights the potential of CHASM to improve landslide risk management and infrastructure safety.

Keywords: landslides, combined hydrology and slope stability model, slope stability, urban safety, infrastructure stability, geological research.

УДК 614.8

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ СО СТАЦИОНАРОМ С УЧЕТОМ ВРЕМЕНИ БЕЗОПАСНОЙ ЭВАКУАЦИИ

Ю. А. Аниськина

Главное управление МЧС России по Смоленской области, г. Вязьма,
Россия

e-mail: *Juliya-smol@mail.ru*

Д. А. Самошин

Академия ГПС МЧС России, г. Москва, Россия

e-mail: *inbox-d@mail.ru*

В статье рассматриваются основные элементы системы противопожарной защиты медицинского учреждения со стационаром, ка влияющие, так и зависящие от величины времени безопасной эвакуации. Обусловлена необходимость расчетной оценки необходимости и достаточности состава рассматриваемой системы. Указано на ключевую роль противопожарной подготовки медицинского персонала, определяющую продолжительность начального периода эвакуации.

Ключевые слова: эвакуация, пожар, уровень противопожарной подготовки, система противопожарной защиты, медицинские учреждения.

Введение

Медицинские учреждения со стационаром как правило отнесены к категории высокого, а в ряде случаев и чрезвычайно высокого риска [1], что говорит о повышенном внимании к ним со стороны государства. Система здравоохранения должна гарантировать пациентам качественную и безопасную медицинскую помощь, что в свою очередь невозможно, если не обеспечена комплексная безопасность медицинских учреждений, а именно: защита от реальных и прогнозируемых угроз социального, техногенного и природного характера, обеспечивающая их безопасное функционирование. Одной из наиболее реальных и опасных угроз, непосредственно не связанной с оказанием медицинской помощи, для людей, находящихся на лечении, является возникновение пожара.

В тоже время ежегодно на указанных объектах защиты случаются пожары, так в 2023 году в зданиях здравоохранения и социального обслуживания зарегистрирован 261 пожар, при которых погибло 4 человека [2]. Таким образом, вопросы обеспечения пожарной безопасности медицинских учреждений, требуют повышенного внимания и дальнейшего изучения.

Обеспечение пожарной безопасности медицинских учреждений со стационаром

Пожарная безопасность любого объекта защиты обеспечивается путем реализации системы предотвращения пожара и системы противопожарной защиты. В свою очередь состав и характеристики указанных систем определяются нормативными документами и федеральным законодательством в области пожарной безопасности [3].

Система предотвращения пожара направлена на исключение условий возникновения пожара и применительно для медицинских стационаров, главным образом достигается путем применением соответствующего электрооборудования, средств его защитного отключения, защитного заземления и иных устройств. Элементы системы противопожарной защиты, зависящие и влияющие на время эвакуации, для медицинских стационаров рассмотрены в таблице 1.

Раздел I

Таблица 1 — Система противопожарной защиты медицинского учреждения со стационаром

№	Элемент системы противопожарной защиты (регламентирующий документ)	Описание
1	Применение соответствующих объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага (СП 158.13330.2014 «Свод правил. Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования»)	С целью ограничения распространения пожара в составе зданий с круглосуточным пребыванием пациентов не допускается размещать помещения, не связанные с лечебным процессом или с процессом обслуживания больных, посетителей и медицинского персонала. В каждом пожарном отсеке на одном этаже при площади более 1000 кв. м требуется наличие не менее двух пожаробезопасных зон, расположенных рассредоточенно. Нормирование этажа расположения палатных отделений в зависимости от их специфики (детское, психиатрическое отделение и т.п.).

№	Элемент системы противопожарной защиты (регламентирующий документ)	Описание
2	<p>Устройство эвакуационных путей, удовлетворяющих требованиям безопасной эвакуации при пожаре (СП 158.13330.2014 «Свод правил. Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования», СП 1.13130.2020 «Свод правил. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы»)</p>	<p>Длина пути эвакуации для палатных отделений в пределах пожарного отсека не должна превышать 35 м. Реализация поэтапной горизонтальной эвакуации, то есть перемещение пациентов в соседний пожарный отсек (или безопасную зону). Ширина лестничных маршей не менее 1,35 м. Количество эвакуационных выходов из здания не менее двух, при количестве человек в здании от 501 до 1000 – не менее трех выходов и при количестве человек более 1000 – не менее четырех. Высота горизонтальных участков путей эвакуации не менее 2 м, высота не менее 1,2 м (при эвакуации по ним более 50 человек).</p>
3	<p>Системы автоматического обнаружения пожара (СП 486.1311500.2020 «Свод правил. Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности»)</p>	<p>Здания медицинских стационаров обязательно оборудуются системой автоматического обнаружения пожара.</p>

Раздел I

№	Элемент системы противопожарной защиты (регламентирующий документ)	Описание
4	Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (Постановление Правительства Российской Федерации № 1464 от 01.09.2021 «Об утверждении требований к оснащению объектов защиты автоматическими установками пожаротушения, системой пожарной сигнализации, системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре»)	Здания больниц с числом койко-мест до 60 включительно оборудуются СОУЭ II типа, а при количестве койко-мест от 60 оборудуются СОУЭ III типа. При оборудовании объектов защиты СОУЭ III типа и выше оповещению подлежат только работники объекта при помощи специального текста оповещения. Для психиатрических больниц тип оповещения принимается не ниже III.
5	Система автоматического пожаротушения (СП 486.1311500.2020 «Свод правил. Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности»)	Требуется для объектов IV-V степеней огнестойкости, при площади 800 кв. м и более.

№	Элемент системы противопожарной защиты (регламентирующий документ)	Описание
6	Противодымная защита (СП 158.13330.2014 «Свод правил. Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования», СП 7.13130.2013 «Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности»)	В зданиях класса функциональной пожарной опасности Ф 1.1 при числе коек более 25 эвакуационные лестницы должны быть не задымляемыми. При этом из общих коридоров и холлов зданий различного назначения с незадымляемыми лестничными клетками следует предусматривать удаление продуктов горения при пожаре системами вытяжной противодымной вентиляции.

Расчетное обоснование необходимости элементов системы противопожарной защиты медицинского учреждения со стационаром

Необходимость рассмотренных систем обуславливается прежде всего необходимостью обеспечения условий безопасной эвакуации [4]. Так применение соответствующих объемно-планировочных решений, позволяет сократить время непосредственно движения по путям эвакуации. Использование систем дымоудаления, автоматического пожаротушения и ограничения распространения пожара за пределы очага позволяет увеличить время до наступления критических для человека значений опасных факторов пожара. И наконец системы автоматического обнаружения пожара и оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре позволяют значительно сократить время начала эвакуации.

Однако, несмотря на широкий перечень систем, предусмотренных на законодательном уровне для обеспечения пожарной безопасности медицинских учреждений со стационаром, их необходимость и достаточность не всегда очевидна. Так, нет прямого указания на необходимость дымоудаления для одноэтажных медицинских стационаров с количеством коек более 25. Не ясно, что делать если в много-

этажном здании 24 койки, точно ли не требуются не задымляемые лестничные клетки? Решение принятое относительно необходимости автоматического пожаротушения также вызывает ряд вопросов. Справедливо отметить, что вновь принятый в 2021 году нормативный документ [5] требует оборудовать такие учреждения со стационаром, как дома-интернаты для инвалидов и престарелых, для детей-инвалидов и т.п., автоматическими системами пожаротушения вне зависимости от их площади и этажности. Проведенный в работе [6] анализ возможности своевременной эвакуации людей из зданий специализированных домов-интернатов для престарелых и инвалидов показал, что «достижение критических значений опасных факторов пожара наступает почти в 1,2 раза раньше времени эвакуации людей, и почти в 3,5 раза раньше времени спасения людей на носилках с первого этажа. Спасение же людей со второго этажа без продолжительного отдыха персонала не представляется возможным. В свою очередь медицинские учреждения со стационаром имеют различную специфику, основной функциональный контингент данных объектов, как правило, представляет собой смешанную группу, с точки зрения пола, возраста и группы мобильности. При этом количество пациентов не способных к самостоятельной эвакуации может достигать 100 %, если говорить, например, о реанимационных отделениях. В указанных условиях говорить о необходимости оборудования медицинских стационаров автоматической системой пожаротушения исходя только из степени огнестойкости и площади объекта не совсем корректно.

Необходимость того или иного элемента системы противопожарной защиты возможно проверить только расчетным путем, в соответствии с утвержденной методикой [7]. Полученный результат будет существенно зависеть от уровня противопожарной подготовки персонала, который в свою очередь определяет величину времени начала эвакуации [8]. Учитывая, что на стадии проектирования фактические данные об уровне противопожарной подготовки персонала отсутствуют, формирование системы противопожарной защиты объекта возможно только исходя из предположения о высоком уровне противопожарной подготовки. Непосредственно же оценка уровня противопожарной подготовки персонала и поддержание его на высоком уровне должно быть обязательным на всех этапах эксплуатации объекта защиты. В свою очередь снижение уровня противопожарной подготовки персонала

обуславливает необходимость разработки дополнительных противопожарных мероприятий.

Заключение

Состав системы противопожарной защиты медицинского учреждения класса функциональной пожарной опасности Ф1.1 прежде всего диктуется необходимостью обеспечения безопасной эвакуации. Оценить достаточность принятых элементов системы возможно только расчетным путем при условии высокого уровня противопожарной подготовки персонала.

Список литературы

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2012 г. № 290 «О федеральном государственном пожарном надзоре».
2. Пожары и пожарная безопасность в 2023 году: информ. – аналитич. Сб. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2024. – 110 с.
3. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
4. Холщевников, В.В. Эвакуация и поведение людей при пожарах: учеб. пособие В.В. Холщевников, Д.А. Самошин, А.П. Парфененко, И.С. Кудрин, Р.Н. Истратов, И.Р. Белосохов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – 262 с.
5. Приказ МЧС России от 20 июля 2020 г. № 359 «Об утверждении свода правил «Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности».
6. Истратов, Р. Н. Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам в стационарах социальных учреждений по обслуживанию граждан пожилого возраста : дис. ... канд. техн. наук Р. Н. Истратов. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2014.
7. Приказ МЧС России от 14 ноября 2022 г. № 1140 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности».
8. Аниськина, Ю. А. Зависимость времени начала эвакуации от уровня противопожарной подготовки персонала учреждения здравоохранения со стационаром / Ю. А. Аниськина, Д. А. Самошин // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2020. – № 2. – С. 33–41. DOI:10.25257/FE.2020.2.33-41.

**ENSURING FIRE SAFETY OF MEDICAL INSTITUTIONS
WITH A HOSPITAL, TAKING INTO ACCOUNT TIME
SAFE EVACUATION**

Yuliya Aniskina

Main Department of EMERCOM of Russia in Smolensk region, Vyazma,
Russia

e-mail: *Juliya-smol@mail.ru*

Dmitry Samoshin

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

e-mail: *inbox-d@mail.ru*

The article discusses the main elements of the fire protection system of a medical institution with a hospital, both affecting and depending on the magnitude of the safe evacuation time. The necessity of a calculated assessment of the necessity and sufficiency of the composition of the system under consideration is determined. It is pointed out the key role of fire-fighting training of medical personnel, which determines the duration of the initial evacuation period.

Keywords: evacuation, fire, fire prevention training level, fire protection system, medical facilities.

**ОЦЕНКА ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОЙ
ИНФОРМАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНЫМ ПУНКТОМ
ПОЖАРНОЙ СВЯЗИ СЛУЖБЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ
ГЛАВНОГО УПРАВЛЕНИЯ МЧС РОССИИ ПО
УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Р. Н. Белоусов

Удмуртский Государственный Университет, г. Ижевск, Россия

e-mail: xof9@mail.ru

В настоящей статье рассмотрены основные проблемы при подготовке оперативной информации и их возможные последствия, которые могут негативно повлиять на деятельность должностных лиц центрального пункта пожарной связи службы пожаротушения Главного управления МЧС России по Удмуртской Республике МЧС по Удмуртской Республике при выполнении своих служебных обязанностей

Ключевые слова: внедрение автоматизированных систем, подготовка оперативной информации, предоставление отчетных документов, оперативное реагирование на пожары и чрезвычайные ситуации.

Введение

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющий управление, координацию, контроль и реагирование в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах.

В современном мире одним из важнейшим направлений МЧС России является разработка современных технологий и усовершенствование существующих, которые позволяют оперативно анализировать данные о возможных угрозах и своевременно на них реагировать. Данное направление активно развивается, повышая уровень безопасности населения и территорий от различных чрезвычайных ситуаций.

К сожалению, в некоторых процессах МЧС России все еще существуют проблемы с внедрением автоматизированных систем, что может негативно повлиять на качество работы. Рассмотрим один из таких случаев на примере работы Центрального пункта службы пожаротушения Главного управления МЧС России по Удмуртской Республике (ЦППС СПТ ГУ МЧС России по Удмуртской Республике).

Основная часть

ЦППС СПТ ГУ МЧС России по Удмуртской Республике создан с целью обеспечения квалифицированного руководства деятельностью диспетчеров (радиотелефонистов и подменных радиотелефонистов) подразделений, входящих в состав территориального (местных) пожарно-спасательного гарнизона, контроля и координации их действий при направлении техники на тушение пожаров и проведении аварийно-спасательных работ, обеспечения диспетчерской связи с подразделениями, своевременного приема сообщений об угрозе или возникновении пожаров или чрезвычайных ситуаций на территории Удмуртской Республики и немедленного реагирования на них пожарно-спасательных подразделений в соответствии с регламентирующими документами.

Основные задачи ЦППС СПТ ГУ МЧС России по Удмуртской Республике:

- обеспечение квалифицированного руководства деятельностью диспетчерского состава пожарно-спасательных подразделений на территории Удмуртской Республики;
- обеспечение диспетчерской связи с пожарно-спасательными подразделениями и профессиональными аварийно-спасательными формированиями, доведение;
- поддержание надежной связи с критически важными, пожаро-взрывоопасными объектами, расположенными;
- организация информационного взаимодействия со службами жизнеобеспечения;
- оповещение личного состава и пожарно-спасательные подразделения при получении приказов (сигналов) о приведении Главного управления МЧС России по Удмуртской Республике в режимы функционирования, «повышенная готовность» или «чрезвычайная ситуация» и контроль за их прибытием;

- контроль за качеством радиосвязи с пожарно-спасательными подразделениями;
- прием, регистрация и передача сообщений о пожарах, ЧС (происшествиях), поступающих по имеющимся каналам связи;
- своевременное направление сил и средств пожарно-спасательных подразделений на пожары, ЧС (происшествия);
- информирование должностных лиц о выезде пожарно-спасательных подразделений, профессиональных аварийно-спасательных формирований на пожары, ЧС (происшествия), изменении оперативной обстановки;
- подготовка оперативно-информационных и отчетных документов;
- контроль за выполнением установленных правил радиообмена должностными лицами и пожарно-спасательных подразделениями, и профессиональными аварийно-спасательными формированиями;
- сбор и обобщение сведений о наличии сил и средств пожарно-спасательных подразделений на территории Удмуртской Республики;
- контроль за всеми выездами и возвращением пожарной техники пожарно-спасательных подразделений в места постоянной дислокации;
- подготовка информации о пожарах на территории Удмуртской Республики за дежурные сутки в установленной форме;

Подготовка оперативной информации, закрепленных за ЦППС СПТ ГУ МЧС России по Удмуртской Республике, осуществляется согласно Регламента обмена оперативной информацией в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и обеспечения пожарной безопасности в системе МЧС России (Регламент).

Регламент, утвержденный приказом МЧС России от 30.09.2022 № 944 «Об утверждении Регламента обмена оперативной информацией в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и обеспечения пожарной безопасности в системе МЧС России», определяет порядок организации обмена оперативной информацией в области защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного

характера и обеспечения пожарной безопасности (далее – оперативная информация) в системе МЧС России.

В перечень документов оперативной информации ЦППС СПТ ГУ МЧС России по Удмуртской Республике входят:

- 1) Сведения о пожарах;
- 2) Сведения о пожарах и последствиях от них;
- 3) Сведения о пожарах по местам возникновения;
- 4) Сведения о привлечении добровольных пожарных команд;
- 5) Сведения о привлечении добровольных пожарных дружин;
- 6) Сведения о привлечении добровольной пожарной охраны;
- 7) Строевая записка сил и средств пожарной охраны;
- 8) Сведения о техногенных пожарах;
- 9) Сведения пожара по специальной установленной форме № 230;
- 10) Сведения о пожарах и последствиях от них по специальной установленной форме;

Все вышеперечисленные документы являются ежедневной отчетной информацией об общем состоянии оперативной обстановки за дежурные сутки. Данные сведения готовятся в электронных таблицах, созданных с помощью программы Microsoft Excel в формате XLSX. Данные вносятся по состоянию на 24:00 прошедших суток и предоставляются в оперативную дежурную смену МЧС России в течении часа.

Основная проблема в подготовке отчетных документов заключается в том, что они заполняются вручную. Исходя из этого выявлены следующие недостатки:

Во-первых, ручное заполнение документов увеличивает вероятность человеческой ошибки. Имеется вероятность допущения опечатки, неверно интерпретировать данные или пропустить важную информацию.

Во-вторых, процесс ручного заполнения занимает значительное время, в связи с чем возможны задержки при передаче информации в оперативную дежурную смену МЧС России. Анализ заполнения отчетов показал, что в зависимости от складывающейся обстановки на территории Удмуртской Республики среднее время подготовки занимает 1-2 часа.

В-третьих, отсутствие автоматизации в процессе подготовки документов затрудняет анализ и обработку данных. При ручном

заполнении сложно своевременно получить информацию о пожарах, их последствиях.

Важно напомнить, что обработка отчетных документов происходит параллельно с выполнением других возложенных задач. В связи с чем значительно увеличивается нагрузка на сотрудников, особенно в период пожароопасного сезона. Также несвоевременное предоставление оперативной информации либо представление заведомо ложной оперативной информации влечет за собой ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Заключение

Таким образом, отсутствие современной автоматизированной системы в заполнении отчетных документов негативно влияет на эффективность работы дежурной смены ЦППС СПТ ГУ МЧС России по Удмуртской Республике. Внедрение современных технологий будет способствовать более эффективному выполнению поставленных задач, включая оперативное реагирование на пожары и чрезвычайные ситуации.

Список литературы

1. Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
2. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
3. Приказ МЧС России от 25.10.2017 № 467 «Об утверждении Положения о пожарно-спасательных гарнизонах».
4. Приказ МЧС России от 30.09.2022 № 944 «Об утверждении Регламента обмена оперативной информацией в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и обеспечения пожарной безопасности в системе МЧС России».
5. Центральный пункт пожарной связи. [Электронный ресурс]. - <https://18.mchs.gov.ru/glavnoe-upravlenie/sily-i-sredstva/pozharnaya-ohrana/sluzhba-pozharotusheniya/centralnyy-punkt-pozharnoy-svyazi>, свободный (22.10.2024).

EVALUATION OF PREPARATION OF OPERATIONAL
INFORMATION BY THE CENTRAL FIRE
COMMUNICATION POINT OF THE FIRE FIGHTING
SERVICE OF THE MAIN DIRECTORATE EMERCOM OF
RUSSIA FOR THE UDMURT REPUBLIC

R. N. Belousov

Udmurt State University, Izhevsk, Russia

e-mail: *xof9@mail.ru*

This article discusses the main problems in the preparation of operational information and their possible consequences, which may negatively affect the activities of officials of the central fire communications point of the fire extinguishing service of the Main Directorate EMERCOM of Russia for the Udmurt Republic EMERCOM for the Udmurt Republic in the performance of their official duties

Keywords: implementation of automated systems, preparation of operational information, provision of reporting documents, prompt response to fires and emergencies.

Раздел II

Приложение информационных технологий к решению практических задач

УДК 614.842.47:654.924.54

ОХРАННО-ПОЖАРНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ НА ОСНОВЕ КОНВЕКТИВНО-ТЕПЛОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

В.А. Куликов, Д.М. Варламова

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия

e-mail: *kulik000@mail.ru, dina@rintd.ru*

В работе предложено и обосновано новое применение конвективно-теплого преобразователя как датчика движения и температуры в системах охранно-пожарной сигнализации. Представлены конструкция первичного и схемотехника промежуточного преобразователей с необходимой нагрузочной способностью по значению измерительного тока. Техническое решение может быть использовано в составе охранных систем совместно с контроллерами, имеющими аналого-цифровой и цифро-аналоговый преобразователи.

Ключевые слова: конвективно-тепловой преобразователь, датчик движения, охранно-пожарная сигнализация

Введение

В системах охранной сигнализации используются первичные преобразователи (датчики) движения или проникновения на охраняемую территорию, работающие на различных физических принципах. Различаются оптические, магнитные, акустические, микроволновые и другие типы преобразователей [1].

Для целей охраны помещений от несанкционированного проникновения может быть использован конвективно-тепловой преобразователь, который одновременно способен выполнять функцию датчика пожара.

Конвективно-тепловой преобразователь (КТП) представляет собой термопреобразователь сопротивления с металлическим чувствительным элементом, разогреваемый измерительным током повышенного значения [2]. При помещении такого преобразователя в воздушную среду возникает конвективный теплообмен со средой, степень которого зависит от скорости движения воздуха вблизи преобразователя.

Если вынужденное движение воздуха отсутствует, то происходит естественная конвекция – естественное движение нагретого первичным преобразователем воздуха вверх и замещение его холодным воздухом,

что обусловлено передачей выделяемого в преобразователе тепла в воздух. При этом устанавливается температура преобразователя, превышающая температуру воздуха.

При повышении скорости движения воздуха, например, за счет движения некоторого объекта вблизи преобразователя возникает вынужденная конвекция, и теплоотдача от преобразователя в среду возрастает. При этом снижается его температура. Изменение температуры фиксируется вторичной аппаратурой и интерпретируется охранной сигнализацией как сигнал тревоги.

Являясь преобразователем температуры, КТП может измерять температуру среды и, таким образом, выполнять одновременно функцию датчика пожара в помещении.

КТП по принципу действия схож с датчиком термоанемометра - прибора для измерения скорости движения воздуха, работа которого также основана на явлении конвекции. Отличием КТП является отсутствие требований к градуировочной характеристике и, следовательно, к конструкции чувствительного элемента, что делает возможным реализацию более широкого спектра вариантов его исполнения.

Конструкция конвективно-теплового преобразователя охранно-пожарной сигнализации

КТП охранно-пожарной сигнализации выполнен в виде плоской многослойной конструкции (рис. 1). На подложке 1, изготовленной из изоляционного материала, например, стеклотекстолита, размещается плоская однослойная спиральная катушка 2, выполненная из термочувствительного микропровода, например, медного или никелевого. Катушка снаружи защищена от механических повреждений металлической фольгой 3 и является чувствительным элементом преобразователя. Возможны другие варианты укладки и изготовления катушки: в виде серпантина, в печатном исполнении и т.п.

Длина провода, образующего катушку чувствительного элемента КТП, определяется необходимой чувствительностью преобразователя к изменению температуры. Проведенные ранее исследования термопреобразователей сопротивления с металлическими чувствительными элементами [3] показывают, что приемлемые значения чувствительности могут быть достигнуты при начальном сопротивлении (при 0 °С) чувствительного элемента десятки ом. В случае применения медного

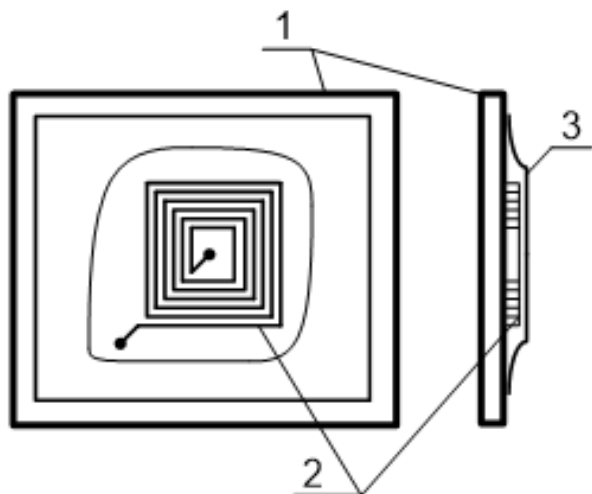


Рисунок 1 — Конвективно-тепловой преобразователь

микропровода диаметром 0,04 мм такое электрическое сопротивление возникает на длине нескольких единиц метров.

Местом размещения КТП может служить внутренняя боковая поверхность дверного проема, где движение воздуха при открывании двери и движении объекта (человека) наиболее значительно. При этом, учитывая малую возможную толщину преобразователя (1 мм и менее), он достаточно легко может быть защищен от визуального обнаружения посторонними лицами.

Схемотехника вторичной аппаратуры

Для термометрической аппаратуры хорошо отработаны схемы вторичных (промежуточных) преобразователей, работающих с первичными термопреобразователями сопротивления [4, 5]. Поэтому в сигнализации может быть использован один из вариантов таких схем, обеспечивающий необходимый измерительный (нагревательный) ток КТП. Эксперименты, проведенные с термопреобразователями плоской

конструкции, показывают, что в КТП конструкции рис. 1 с начальным сопротивлением 50 Ом для разогрева чувствительного элемента на несколько градусов по сравнению с температурой воздуха необходимо использовать токи в десятки миллиампер. Эти токи примерно в 10 раз превышают рекомендуемый измерительный ток металлического термопреобразователя сопротивления как датчика температуры, обеспечивающий достаточную вольтовую чувствительность при допустимом (низком) уровне саморазогрева [6]. Таким образом, промежуточный преобразователь охранно-пожарной сигнализации должен обеспечивать возможность питания КТП токами двух уровней – высокого (десятки миллиампер) при работе в режиме датчика движения и низкого (единицы миллиампер) при работе в режиме датчика температуры. При этом должна быть обеспечена возможность управления током. На рис. 2 представлен вариант схемы промежуточного преобразователя сигнализации с током питания КТП $Rt1$ 0... 50 мА [7].

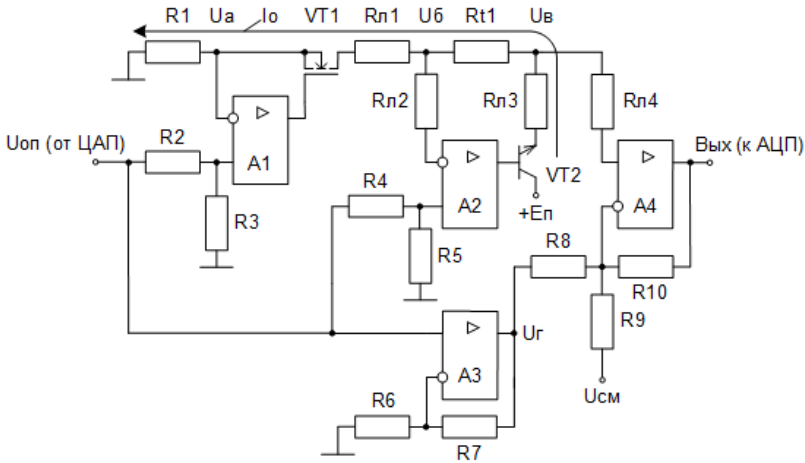


Рисунок 2 — Промежуточный преобразователь с КТП

Здесь на операционном усилителе (ОУ) A1 и МДП-транзисторе VT1 реализован источник измерительного тока I_0 КТП $Rt1$. ОУ A2 образует промежуточный преобразователь сопротивления $Rt1$ чувствительного

элемента КТП в напряжение. Выход ОУ А2 усилен транзистором VT2 для обеспечения возможности создания измерительного тока I_0 КТП Rт1 в десятки миллиампер.

Неинвертирующий усилитель на ОУ А3 служит для формирования напряжения, пропорционального начальному сопротивлению КТП, которое вместе с напряжением с выхода промежуточного преобразователя подается на входы дифференциального нормирующего усилителя на ОУ А4. Кроме того использование усилителя на ОУ А3 обеспечивает возможность независимой установки компенсирующего напряжения на своем выходе и коэффициента усиления полезного сигнала усилителя на ОУ4. При этом также обеспечивается условие $U_B < U_T$

Дополнительный вход $U_{см}$ нормирующего усилителя служит для установки начального уровня напряжения на выходе схемы, соответствующего значению начального напряжения на входе аналого-цифрового преобразователя (АЦП) цифровой части устройства сигнализации, а также для устранения влияния (вклада) паразитных параметров - напряжений и токов смещения ОУ. Напряжение $U_{см}$ может быть сформировано как часть напряжения $U_{оп}$ с использованием дополнительного усилителя на ОУ.

Схемотехника промежуточного преобразователя на рис. 3 допускает возможность использования всех УО (А1...А4) в режиме однополярного питания, т.к. напряжения во всех точках схемы имеют одинаковый (положительный) знак.

Функция преобразования схемы имеет вид

$$U_{\text{вых}} = \left(I_0 R_{т1} + U_{оп} \frac{R5}{R4 + R5} \right) \left(1 + \frac{R10}{R8} + \frac{R10}{R9} \right) - U_{оп} \left(1 + \frac{R7}{R6} \right) \frac{R10}{R8} - U_{см} \frac{R10}{R9}$$

где,

$$I_0 = \frac{U_{оп} R3}{R2 + R3} \frac{1}{R1}$$

Установка нужного значения измерительного тока I_0 производится АЦП контроллера.

В схеме рис. 3 показана возможность использования четырехпроводной линии связи для подключения КТП. Здесь элементы $R_{л1}, \dots, R_{л4}$ - эквиваленты сопротивления соединительных проводов КТП. Отсутствие их в функции преобразования объясняется высокой степенью подавления их влияния за счет больших последовательных с ними сопротивлений цепей (относится к $R_{л1}, R_{л2}, R_{л4}$) и за счет глубокой отрицательной обратной связи по напряжению в схеме на ОУ А2 (относится к $R_{л3}$).

При проектировании схемы промежуточного преобразователя необходимо обеспечить линейный режим работы активных элементов – ОУ и транзисторов. Для этого требуется выполнить условие $U_a < U_b < U_v < U_r$.

Заключение

В работе предложено и обосновано новое применение конвективно-тепловых преобразователей как датчиков движения и температуры в системах охранно-пожарной сигнализации. Представлены конструкция первичного и схематика промежуточных преобразователей с необходимой нагрузочной способностью по значению измерительного тока. Техническое решение может быть использовано с в составе охранных систем совместно с контроллерами, имеющими АЦП и ЦАП.

Список литературы

1. Николаев, В.А. Тактико-технический анализ физических принципов обнаружения нарушителя / В.А. Николаев, Д.А. Прошутинский, С.Г. Анохин // Территория Нефтегаз. 2017. №11. С. 52-58.
2. Куликов, В.А. Методы измерений на основе термопреобразователей сопротивления с внутренним разогревом : монография / В. А. Куликов, А. В. Куликов, В. В. Сяктерева, В. Г. Власов. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2019. – 188 с. – ISBN 978-5-7526-0822-3.
3. Куликов, В.А. Моделирование внутренней тепловой обратной связи в термопреобразователях сопротивления / В.А. Куликов, В.В. Муравьев, В.Н. Сяктерев, В.В. Сяктерева, А.П. Бельтюков // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. 2018. Т. 21. №4. С. 159-165.
4. Куликов, В.А. Разработка измерительного канала термометра высокого разрешения [Текст] / В.А. Куликов, Е.А. Коновалов, В.Г. Власов // Интеллектуальные системы в производстве. 2010. №1 (15). С. 236-244.
5. Куликов, В.А. Канал измерения температуры высокого разрешения / В.А. Куликов, К.А. Никитин // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. 2013. №1 (57). С. 100-103.
6. ГОСТ 6651— 2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний : национальный стандарт Российской Федерации : дата введения 2011-01-01 – Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ. 2011, 2019. – 26 с.
7. Куликов, А. В. Схемотехника измерительного канала с термопреобразователем сопротивления / А. В. Куликов, К. А. Никитин // Приборостроение в XXI веке – 2012. Интеграция науки, образования и производства: материалы VII Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием, посвященной 60-летию ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (Ижевск, 14-16 ноября 2012г.) – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2012. – С.45-48.

SECURITY AND FIRE ALARM BASED
ON CONVECTIVE-THERMAL CONVERTER

V.A. Kulikov, D.M. Varlamova

Udmurt State University, Izhevsk, Russia

e-mail: *kulik000@mail.ru, dina@rintd.ru*

The paper proposes and substantiates a new application of a convective-thermal transducer as a motion and temperature sensor in security and fire alarm systems. The design of the primary and circuitry of the intermediate transducer with the required load capacity according to the value of the measuring current are presented. The technical solution can be used as part of security systems in conjunction with controllers with analog-to-digital and digital-to-analog converters.

Keywords: convective-thermal transducer, motion sensor, security and fire alarm system

УДК 654.924.5

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ЖИЛОГО МНОГОКВАРТИРНОГО ЗДАНИЯ

С.А. Хорьков, И.Н. Серезжечкин

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия

e-mail: *horkov_07@mail.ru, resurs18@ya.ru*

В статье рассмотрена разработка стенда для изучения системы автоматической пожарной сигнализации жилого многоквартирного здания. Описан стенд, типы приборов и его монтажная схема. Стенд имитирует четыре этажа жилого многоквартирного здания и изготовлен из прозрачного полистирола. В состав учебного стенда включены приемно-контрольный охранно-пожарный прибор с управляющим контроллером, дымовые пожарные извещатели и ручные пожарные извещатели, охранно-пожарный оповещатель и звуковые оповещатели. Для электроснабжения стенда применяют сетевой блок питания или аккумуляторную батарею. В комплектацию стенда входит панель контроля и управления охранно-пожарным оборудованием. Представлены методические указания для работы со стендом. Приведены стоимость оборудования стенда и затраты на его обслуживание.

Ключевые слова: стенд для изучения системы автоматической пожарной сигнализации, многоквартирное здание

Введение

Для эффективной подготовки студентов к практической деятельности важно использовать активные методы обучения. Одним из таких приемов является проведение занятий на лабораторных стендах [1-5]. Приобретаемые при этом умения и навыки играют важную роль в повышении качества знаний, а также в подготовке студентов к будущей практической работе. В статье представлены основные этапы разработки стенда для изучения системы автоматической пожарной сигнализации жилого многоквартирного здания. Стенд разработан на основе документации [6,7].

Схема стенда и этап его сборки

Стенд для изучения системы автоматической пожарной сигнализации жилого многоквартирного здания имитирует четыре этажа жилого многоквартирного здания и изготовлен из прозрачного полистирола. В состав учебного стенда включены приемно-контрольный охранно-пожарный прибор «СИГНАЛ-10» с управляющим контроллером [8,9], дымовые извещатели пожарные «ИП 212-189» и ручные извещатели пожарные «Рубеж УДП 513-10» и «Рубеж ИПР 513-10», охранно-пожарный оповещатель «Рубеж ОПОП 1-8М ВЫХОД», звуковые оповещатели серии «Маяк-12-3М1» [10-12]. Для электроснабжения стенда применяют блок питания «PS-1220» или аккумуляторную батарею SF 1207 12В. В комплектацию стенда входит панель контроля и управления охранно-пожарным оборудованием «С2000М» [13,14].

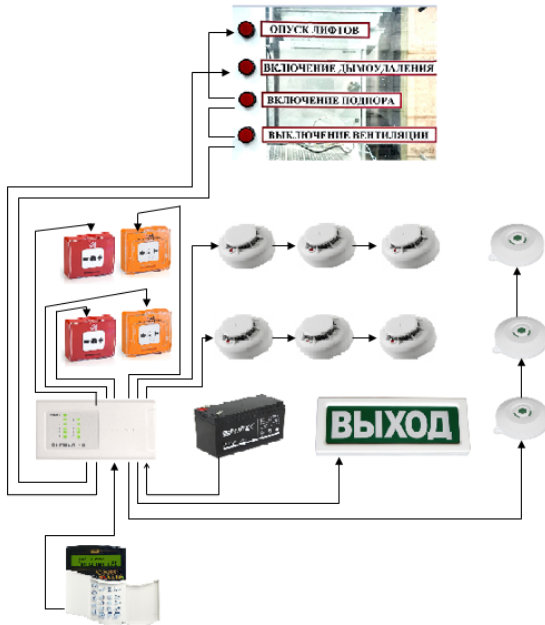


Рисунок 1 — Монтажная схема стенда



Рисунок 2 — Этап сборки стенда



Рисунок 3 — Конечный вид стенда

Извещатели «ИП 212-189», «Рубеж УДП 513-10», «Рубеж ИПР 513-10» фиксируют нарушение штатного режима в здании [10-12], охранно-пожарный прибор «СИГНАЛ-10» получает эту информацию и воздействует [8,9] на охранно-пожарный оповещатель «Рубеж ОПОП 1-8М ВЫХОД» и звуковые оповещатели серии «Маяк-12-3М1» [10-12]. Кроме того, он обеспечивает опуск лифтов на первый этаж, включение дымоудаления, включение подпора воздуха и выключение вентиляции.

Прибор «С2000М» используют в составе адресных систем охранной и пожарной сигнализации, а также для управления противопожарным оборудованием. Он может работать совместно с различными устройствами и выполнять функции модульного прибора для охраны и пожарного контроля, а также управлять световым, звуковым и речевым оповещением. Дополнительно он способен контролировать системы пожаротушения, такие как газовые, порошковые, аэрозольные и водяные. Также он управляет противодымной защитой и прочими инженерными системами здания, которые задействованы в обеспечении его пожарной безопасности. Обмен информацией между пультом и блоками происходит через проводную линию RS-485. Настройку прибора производят с помощью программы UProg [13,14].

Программировать прибор можно при помощи экрана пульта или, используя персональный компьютер.

Для возврата сигнализации стенда в исходное состояние применяют ключ Touch Memory.

Монтажная схема стенда представлена на рис. 1, этап сборки – на рис. 2, конечный вид стенда – на рис. 3.

Все соединения приборов на стенде выполнены монтажным кабелем кабель КПСнг (А)-FRLS 1x2x0.5 пожарной сигнализации не распространяющим горение по категории А. Прокладка кабеля произведена в ПВХ коробах .

Методические рекомендации по использованию стенда

Для работы студентов на стенде были написаны методические указания. Первое занятие, сфокусировано на знакомстве со стендом и теоретической части. Занятие включает следующие этапы: получить задание от преподавателя, изучить теоретический материал, изучить шлейфы подключения, проверить работоспособность стенда, познакомиться с программированием стенда, составить отчет о проделанной работе. Второе занятие направлено на практическую работу, при этом

упор делается на настройку оборудования стенда и его тестирование, по результатам выполнения работы студенты также составляют отчет. Рекомендуется бригадный метод работы.

Расчет стоимости оборудования стенда и затрат на его эксплуатацию

Стоимость необходимого оборудования определена в соответствии с представленными поставщиками ценами за каждый из образцов. Стоимость оборудования стенда составила 29053 руб. [8-14] , обслуживание оборудования составляет 980 руб. [17].

Заключение

Разработан стенд для изучения системы автоматической пожарной сигнализации жилого многоквартирного здания, который включает: ручные пожарные извещатели, извещатели дымоудаления, сирены, табло «Выход», блок управления пусковыми цепями, светодиоды, имитирующие опуск лифта на первый посадочный этаж, включение дымоудаления, включение подпора, отключение вентиляции. Питание стенда осуществляют либо от аккумулятора, либо от сети 220 В. Обмен информацией между пультом и блоками происходит через проводную линию RS-485. Настройку приборов стенда производят с помощью программы UProg.

Расчетная стоимость оборудования стенда для изучения автоматической пожарной сигнализации в жилых многоквартирных зданиях и затрат на его эксплуатацию составляет 30033 рубля.

В изготовлении стенда принимал участие студент М.П. Семенов

Список литературы

1. Стенд для исследования процессов горения и тушения пожара [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?facesredirect=true&id=602b3b61e0d22b22364491478a5fb8ba>, свободный (дата обращения: 11.06.2024).
2. Научно–исследовательский лабораторный стенд автоматических систем пожарной сигнализации и аварийного управления инженерными системами зданий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?facesredirect=true&id=0d5af7fe5eb3138dd76318df2d130c3e>, свободный (дата обращения: 12.06.2024).
3. Обучающий стенд технических средств пожарной сигнализации и автоматики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://new.fips.ru/iiss/document.xhtml?facesredirect=true&id=821f963d2c30dec96c66bf0eae26c0>, свободный (дата обращения: 13.05.2024).
4. Лабораторный стенд «Электромонтаж и наладка пожарной сигнализации» ЭиНПС-01 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://labstand.ru/catalog/02_02_laboratornye_stendy_sistemy_pozharnoy_bezopasnosti/laboratornyy-stend-elektromontazh-i-naladka-pozharnoy-signalizatsii-einps-01, (дата обращения: 04.04.2024).
5. Лабораторный стенд «Электромонтаж и наладка систем пожарной безопасности» ЭиН-СПБ-01 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://labstand.ru/catalog/02_02_laboratornye_stendy_sistemy_pozharnoy_bezopasnosti/laboratornyy_stend_elektromontazh_i_naladka_sistem_pozharnoy_bezopasnosti_ein_spb_01, (дата обращения: 06.05.2024).
6. СП 3.13130.2009 “Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управление эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности”.
7. СП 484.1311500.2020. «Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты».
8. ПРИБОР ПРИЕМНО-КОНТРОЛЬНЫЙ ОХРАННО-ПОЖАРНЫЙ «Сигнал-10». Руководство по эксплуатации / АЦДР.425513.010 РЭ. – М.: 2009. – 45 с.

9. Прибор приемно-контрольный охранно-пожарный «Сигнал-10». Руководство пользователя / BOLID. – 102 с.
10. Типы пожарных извещателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://txcom.ru/typu-pozharnykh-izveshchateley>, (дата обращения: 21.04.2024).
11. Извещатели пожарные, типы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fireflyer.ru/pozharnaya-signalizatsiya/izveshhateli-pozharnye-tipy.html>, (дата обращения: 23.04.2024).
12. Ручные пожарные извещатели: типы, разновидности, характеристики и правила установки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/ruchnyie-pozharnyie-izveshhateli-vidyi-tipyi-harakteristiki-i-pravila-ustanovki/>, (дата обращения: 23.04.2024).
13. Система охранно-пожарной сигнализации и пожаротушения БОЛИД [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://td.rubezh.ru/products/detail.php?ID=5088>, (дата обращения: 11.05.2024).
14. Охранная сигнализация Болид – технические характеристики и сферы использования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://td.rubezh.ru/products/detail.php?ID=5088>, (дата обращения: 11.05.2024).
15. Интерфейс RS-485 для ОПС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tzmagazine.ru/jpage.php?uid1=378&uid2=379&uid3=393>, (дата обращения: 24.04.2024).
16. Организация канала интерфейса RS-485 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bolid.ru/projects/iso-orion/communication-channels/rs-485/>, (дата обращения: 24.04.2024).
17. Прейскурант на обслуживание [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://t-as.ru/sites/default/files/prices/T-AS_Service_Price_list.pdf, (дата обращения: 27.05.24).

DEVELOPMENT OF A STAND FOR STUDYING THE
AUTOMATIC FIRE ALARM SYSTEM OF A RESIDENTIAL
MULTI-APARTMENT BUILDING

S.A. Khorkov, I.N. Serezhechkin
Udmurt State University, Izhevsk, Russia
e-mail: *horkov_07@mail.ru, resurs18@ya.ru*

He article considers the development of a stand for studying the automatic fire alarm system of a residential apartment building. The stand, types of devices and its installation diagram are described. The stand imitates four floors of a residential apartment building and is made of transparent polystyrene. The training stand includes a control and monitoring device for fire alarms with a control controller, smoke alarms and manual fire alarms, a fire alarm and sound alarms. A network power supply unit or a battery is used to supply the stand with electricity. The stand is equipped with a control panel for fire alarm equipment. Guidelines for working with the stand are presented. The cost of the stand equipment and the costs of its maintenance are given.

Keywords: fire, forest fire, fire prevention, fire extinguishing, fire protection, voluntary fire brigades, respiratory and visual protection equipment.

УДК 614.8.01, 303.732.4, 004.9

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЯ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧС

Н.В. Белкин

Удмурсткий Государственный Университет, г. Ижевск, Россия

e-mail: *nik.belkin.01@yandex.ru*

В статье предложена структура для построения системы управления эвакуацией людей в здании при возникновении ЧС. Описаны её основные подсистемы и способы их взаимодействия между собой. Структура может быть взята за основу для построения новых систем управляемой эвакуации людей из здания.

Ключевые слова: система безопасности, управляемая эвакуация, автоматическая система, система поддержки принятия решений

Введение

В настоящее время происходит множество чрезвычайных ситуаций (ЧС), возникающих внутри зданий и сооружений. Несомненно, в таких ситуациях эвакуация людей из здания должна проходить за наиболее короткий промежуток времени. Существующие системы эвакуации не могут обеспечить этого ввиду того, что каждое здание имеет собственную топологию, в которой наиболее безопасные пути эвакуации зачастую могут отличаться от тех, которые уже были для неё рассчитаны в плане эвакуации. Ввиду этого есть необходимость разработки автоматической системы либо системы поддержки принятия решений (СППР), которая в реальном времени при возникновении ЧС сможет рассчитать наиболее безопасные и оптимальные пути эвакуации для каждой зоны здания, что позволит сократить время эвакуации и, вследствие этого, количество пострадавших.

Основная часть

Предлагаемая структура системы должна состоять из следующих основных подсистем:

- 1) Подсистема получения распределения людей

- Программно-аппаратный комплекс, предназначенный для сбора информации о количестве людей и их распределения внутри здания.
- 2) Подсистема видеонаблюдения
Программно-аппаратный комплекс для просмотра обстановки в конкретных зонах здания.
 - 3) Подсистема поиска оптимальных путей эвакуации
Программный модуль, моделирующий развитие событий во время ЧС в ближайшем будущем и производящий поиск безопасных путей эвакуации на основе полученных данных.
 - 4) Подсистема оповещения
Программно-аппаратный комплекс, позволяющий оповестить людей внутри здания на основе их местоположения внутри него.
 - 5) Связующая подсистема
Программный модуль, осуществляющий обработку данных и их передачу между остальными подсистемами.
- Структурная схема системы приведена на рисунке 1.

Описание подсистем

Подсистема получения распределения людей

Данная подсистема производит подсчёт людей в каждой зоне здания. Зоной может быть как всё здание целиком, так и его часть, например крыло, коридор или комната, при этом комната будет являться наименьшей частью, поскольку её дальнейшее разбиение не является необходимым. Чем сильнее здание будет разбито на такие зоны, тем больше информации будет получать подсистема расчёта путей эвакуации и тем точнее будет производиться моделирование. Один из вариантов реализации системы приведён в [1], при этом для основной системы не является важным на какое аппаратное обеспечение опирается подсистема.

Подсистема видеонаблюдения

Если у системы есть оператор, то ему было бы полезно знать что происходит в какой либо части здания с помощью камер видеонаблюдения. Это позволит оператору оперативно получить информацию о том, что конкретно произошло в месте возникновения ЧС, а также как проходит эвакуация. В штатном режиме работы



Рисунок 1 — Структурная схема системы. Стрелки указывают на направление передаваемых данных между подсистемами

при использовании алгоритмов распознавания лиц можно считать количество людей в зонах здания, тем самым дополняя подсистему получения распределения людей. Стоит отметить, что данная подсистема не обязана присутствовать в системе, так как работа системы от этого не нарушится.

Подсистема поиска оптимальных путей эвакуации

Программный модуль, рассчитывающий пути эвакуации для каждой зоны здания на основе результатов моделирования движения людей во время эвакуации. Она опирается на информацию, полученную от системы получения распределения людей. Для расчёта путей производится моделирование на ближайший промежуток времени, например следующую минуту, затем производится поиск путей эвакуации. Для проведения моделирования и расчёта оптимальных путей эвакуации могут быть использованы различные алгоритмы, одним из которых является моделирование движения людских потоков

[2–4], при этом источник опасности может иметь различный характер, например появление в здании нарушителя [5].

Подсистема оповещения

Требования к подсистеме оповещения для обеспечения управляемой эвакуации описаны в [2]. Приведённые требования, описанные в контексте пожаров можно также применить и к другим источникам возникновения ЧС ввиду того, что система должна сообщать людям наиболее безопасные пути эвакуации, и в этом случае природа источника опасности не имеет решающей роли для оповещения. Так как каждая зона должна получить собственное сообщение о пути эвакуации, одним из главных требований является возможность одновременного оповещения людей во всех зонах здания, чтобы время до начала эвакуации с момента возникновения ЧС и общее время реакции системы на происходящие события было минимальным. Как и в случае с подсистемой получения распределения людей, эта подсистема не опирается на какой-либо конкретный комплекс аппаратного обеспечения.

Связующая подсистема

Связующая подсистема отвечает за сбор данных и их передачу между подсистемами. В штатном режиме работы она опрашивает подсистему получения распределения людей с некоторым заданным интервалом времени для получения актуальных данных и обрабатывает информацию, полученную от подсистемы видеонаблюдения. В режиме ЧС с некоторой частотой она отправляет запрос на расчёт путей эвакуации в подсистему поиска оптимальных путей и, получив результат, приводит генерацию сообщений для каждой зоны здания, которые затем отправляются в подсистему оповещения. После воспроизведения сообщений этот алгоритм повторяется до момента окончания эвакуации. Предполагается, что система является автоматической, однако при необходимости оператор может вмешаться в алгоритм её работы.

Заключение

Предложенная структура системы может послужить основой для создания реальных систем, которые смогут увеличить эффективность эвакуации людей в здании при возникновении ЧС. Система, построенная на основе этой структуры, может быть как автоматической, так и являться системой поддержки принятия решений, а управляемая эвакуация будет осуществлена за счёт оповещения людей. Остаётся нерешённой проблема стоимости создания реальной системы, поскольку во многом она будет зависеть от использованной аппаратной части.

Список литературы

1. Сивков, А.М. Система для автоматического получения распределения людей в здании / А.М. Сивков // Безопасность в техносфере: сборник статей / науч. ред. В. М. Колодкин. – Ижевск : Удмуртский государственный университет, 2022. – Вып. 15 – С. 21 – 29.
2. Колодкин, В.М. Повышение эффективности системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре в здании / В.М. Колодкин, Б.В. Чирков, Д.Е. Ушаков // Безопасность в техносфере: сборник статей / науч. ред. В. М. Колодкин. – Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2018. – Вып. 12 – С. 6 – 18.
3. Чирков, Б.В. Методы совершенствования и алгоритмы управления эвакуацией из здания / Б.В. Чирков // Безопасность в техносфере: сборник статей / науч. ред. В. М. Колодкин. – Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2018. – Вып. 12 – С. 19 – 44.
4. Колодкин В. М., Галиуллин М. Э. Программные алгоритмы, реализующие модель движения людских потоков в системе управления эвакуацией людей из здания // Пожаро-взрывобезопасность. – 2016. – Т.25, № 10. – С. 75-85. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.10.75-85.
5. Шакиров, А.Д. Моделирование движения нарушителя / А.Д. Шакиров // Безопасность в техносфере: сборник статей / науч. ред. В. М. Колодкин. – Ижевск : Удмуртский государственный университет, 2023. – Вып. 16 – С. 36 – 42.

**THE STRUCTURE OF THE MANAGEMENT SYSTEM FOR
THE EVACUATION OF PEOPLE FROM THE BUILDING IN
THE EVENT OF AN EMERGENCY**

N. V. Belkin

Udmurt State University, Russia, Izhevsk

e-mail: *nik.belkin.01@yandex.ru*

The article proposes a structure for building a system for managing the evacuation of people in a building in case of an emergency. Its main subsystems and ways of their interaction with each other are described. The structure can be used as a basis for building new systems for the controlled evacuation of people from the building.

Keywords: security system, guided evacuation, automatic system, decision support system

УДК 681.513.2

ВЛИЯНИЕ ПРОГРАММНОЙ ЗАДЕРЖКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ

А.Д. Шажиров

Удмуртский Государственный Университет, г. Ижевск, Россия

e-mail: *artdmshakirov@gmail.com*

Вычисления векторного управления на микроконтроллерах общего назначения производятся за значительное время. Из-за этого может уменьшиться крутящий момент при неизменных затратах электричества. В работе даётся оценка влияния этого явления для синхронных двигателей. Приводится пример расчётов. Предлагается и оценивается компенсация влияния этой задержки при известном времени задержки.

Ключевые слова: векторное управление, электропривод, микроконтроллеры, задержка, эффективность

Введение

В составе систем векторного управления синхронными двигателями часто применяются микроконтроллеры общего назначения на таких ядрах, как ARM Cortex-M и RISC-V, которые характеризуются низкой производительностью относительно ядер современных компьютеров. Кроме невысокой стоимости, такие микроконтроллеры упрощают разработку систем реального времени и обладают специализированной периферией для управления полупроводниковыми ключами (многоканальные таймеры с комплементарными выходами и вставкой мёртвого времени). Также можно отметить применение специальных микроконтроллеров (таких как FU6865Q1 [1]) и ПЛИС, производящих вычисления аппаратно, но они менее доступны. Периферия микроконтроллеров общего назначения позволяет управлять одним или несколькими двигателями. Использование одного микроконтроллера для нескольких двигателей позволяет снизить стоимость системы управления. Но неопределённым остаётся влияние на эффективность векторного управления для одного или нескольких двигателей на низкопроизводительных ядрах.

Основная часть

Основной идеей векторного управления является обеспечение оптимальной мгновенной пространственной ориентации вектора тока статора, необходимой для создания требуемого электромагнитного момента [3, с. 289], то есть вектор тока статора должен быть сориентирован на 90° относительно продольной оси ротора d , а угол $\omega\tau = 0^\circ$ (рисунок 1).

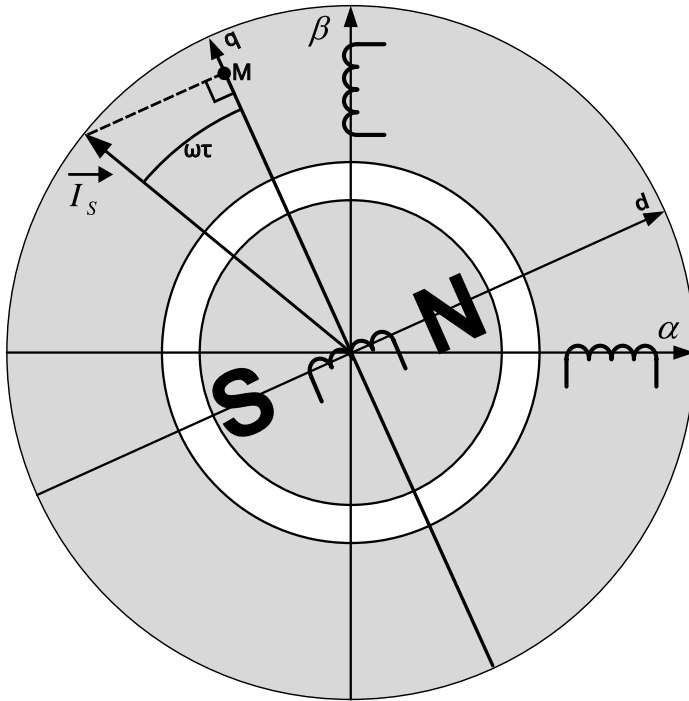


Рисунок 1 — Упрощённая схема синхронной машины, \vec{I}_s

Вектор тока статора \vec{I}_s создаётся микроконтроллером (с учётом запаздывания \vec{I}_s от вектора напряжения из-за индуктивности) коммутацией обмоток статора с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ), частота которой обычно около 20 кГц. Поэтому расчёты

векторного управления с последующим изменением скважности ШИМ бессмысленно производить чаще этой частоты.

Однако, векторное управление характеризуется большим для микроконтроллеров общего назначения объёмом вычисления, поэтому часто управляющий сигнал ШИМ изменяется дискретно, через время задержки τ больше периода ШИМ. При задержке управления на достаточно большой скорости вращения (или при резком изменении момента нагрузки на валу), ротор за время τ будет отклоняться на угол $\omega\tau$, что приведёт к меньшему моменту на валу двигателя, чем при идеальном управлении (управлении без задержки) при той же величине вектора тока статора. Влияние задержки \vec{I}_s на скорость ω за время τ считаем пренебрежимо малым ввиду большой инерции ротора.

Оценим отношение импульса момента силы при управлении с задержкой на всё время τ и импульса момента силы при идеальном управлении за время τ при постоянной частоте электрических оборотов ω (период оборота T). Вектор \vec{I}_s остаётся неподвижным на время произведения вычислений τ . Для этого относительную величину получаемого момента M будем считать величиной проекции вектора тока статора на поперечную ось ротора под равномерно нарастающим со временем t углом ωt :

$$M = \cos\left(\frac{t}{T}2\pi\right) = \cos(\omega t) \quad (1)$$

Величина импульса силы изменяющегося в течение времени τ момента M тогда будет:

$$I_M = \int_0^\tau \cos(\omega t) dt = \int_0^{\omega\tau} \cos(\omega t) d(\omega t) = \sin(\omega\tau) \quad (2)$$

Тогда отношение этого импульса момента силы к единичному импульсу момента силы (при идеальном управлении, $\omega\tau = 0^\circ$) за то же время будет:

$$\eta = \frac{\sin(\omega\tau)}{\omega\tau} \quad (3)$$

Рассмотрим работу формулы (3) для двух ситуаций. При управлении, стремящемся к идеальному, $\eta \rightarrow 1$. При управлении с задержкой

$\tau = T/2$, $\eta = 0$, и, действительно, как можно заметить по рисунку 1, при такой задержке вектор тока статора совершит поворот 180° в координатах ротора, при этом последние 90° из них момент силы будет «толкать» ротор в противоположную сторону вращения ротора.

Рассмотрим работу векторного управления на примере SimpleFOC [2], где типичный вариант архитектуры привода с векторным управлением разделён на несколько образующих контуры частей: аппаратные компоненты, управление крутящим моментом, управление скоростью, управление позицией. Также есть вариант управления без датчика позиции, применяющий модель двигателя для приблизительной оценки текущей позиции. В данной работе рассматривается вариант со всеми частями и датчиком позиции.

Для библиотеки SimpleFOC имеются данные о задержках для ряда отладочных плат [4]. Применим формулу (3) для предлагаемого авторами библиотеки восьмиполюсного мотора WJN-Motor JK42BL для максимальной скорости 4000 оборотов в минуту для отладочных плат Nucleo-64 (микроконтроллеры ARM Cortex-M STM32), для которых $\tau = 100\mu s$. Для одного мотора:

$$\eta_1 = \frac{\sin(4000/60 \cdot 2\pi \cdot 8 \cdot 100 \cdot 10^{-6})}{4000/60 \cdot 2\pi \cdot 8 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} \approx 0.981 \quad (4)$$

Для двух моторов:

$$\eta_2 = \frac{\sin(4000/60 \cdot 2\pi \cdot 8 \cdot 200 \cdot 10^{-6})}{4000/60 \cdot 2\pi \cdot 8 \cdot 200 \cdot 10^{-6}} \approx 0.927 \quad (5)$$

Система управления может компенсировать влияние задержки, если следующая позиция \vec{I}_s и время задержки известны. Для случая с постоянной скоростью, вектор тока статора задаётся с опережением на $\omega\tau/2$ и формула (3) тогда (используя симметричность косинуса при интегрировании) примет вид:

$$\eta_c = \frac{2\sin(\frac{\omega\tau}{2})}{2\frac{\omega\tau}{2}} = \frac{\sin(\frac{\omega\tau}{2})}{\frac{\omega\tau}{2}} \quad (6)$$

Оценим влияние компенсации. При сравнении формул (3) и (6) видно, что η при расчётах для одного двигателя равна η_c при расчётах для двух двигателей.

Заключение

Было рассмотрено влияние задержки системы управления на эффективность векторного управления. Была предложена и применена формула (3) для оценки эффективности при известной задержке. Была предложена компенсация задержки и произведена оценка этой компенсации.

Список литературы

1. MCU // Fortior Tech. URL: <https://www.fortiortech.com/en/product/6> (дата обращения: 1.09.2024)
2. A. Skuric, HS. Bank, R. Unger, O. Williams, D. González-Reyes. SimpleFOC: A Field Oriented Control (FOC) Library for Controlling Brushless Direct Current (BLDC) and Stepper Motors. Journal of Open Source Software, 7(74), 4232, <https://doi.org/10.21105/joss.04232>
3. Цифровой сервопривод с шаговыми и вентильными двигателями: учебник для вузов. / В. Ф. Козаченко, А. А. Жарков, Д. И. Савкин – М: 2022 – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
4. Supported microcontrollers // SimpleFOCDocs. URL: <https://docs.simplefoc.com/microcontrollers> (дата обращения: 1.09.2024)

**THE EFFECT OF SOFTWARE DELAY ON THE
EFFICIENCY OF FIELD ORIENTED CONTROL**

A.D. Shakirov

Udmurt State University, Russia, Izhevsk
e-mail: *artdmshakirov@gmail.com*

Field oriented control calculations on general-purpose microcontrollers take considerable time. Because of this, the torque may decrease at the same electricity consumption. The paper provides an estimation of the impact of this effect for synchronous motor. An example of calculations is given. Compensation for the effect is proposed and evaluated for a known delay time.

Keywords: Field oriented control, motor control, microcontrollers, delay, efficiency.

УДК 681.5.01

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОЗВРАТА БПЛА ПРИ ПОТЕРЕ СИГНАЛА НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

М. О. Попов

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск, Россия
e-mail: porovto999@gmail.com

М. А. Сенилов

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия
e-mail: senilov@bk.ru

В статье рассматривается проблема управления БПЛА и его возврата в случае потери сигнала глобальной спутниковой навигационной системы, что приводит к практической невозможности определения местоположения БПЛА с помощью данной системы. Рассматриваются и анализируются способы решения этой проблемы. Предлагается алгоритм, позволяющий в создавшейся ситуации определять истинное положение БПЛА в пространстве и возвращать контроль над ним, исключив риск его потери.

Ключевые слова: управление БПЛА, навигационная задача, спутниковая навигационная система, инерциальная навигационная система, САУ БПЛА, триангуляционный метод определения положения в пространстве, радиотехнический метод определения расстояния, алгоритм возврата БПЛА.

Развитие технологий в области управления беспилотными летательными аппаратами привело к появлению относительно доступных и совершенных систем управления, обладающих такими характеристиками, которые делают их пригодными для выполнения широкого круга задач. Беспилотные летательные аппараты, оснащенные подобными системами управления, активно применяются для выполнения задач различной сложности при проведении узкоспециализированных операций, а также находят широкое применение в различных гражданских областях применения, включая мониторинг окружающей среды, наблюдение за технологическими объектами, патрулирование, аэрофотосъемку и многие другие [1].

Основное управление БПЛА осуществляется системой автоматизированного управления (САУ БПЛА), которая определяет положение летательного аппарата в пространстве при помощи модуля системы глобального позиционирования (GPS/ГЛОНАСС), акселерометров, датчиков угловых скоростей и барометрического датчика (так называемая «трубка Пито»), а также осуществляет необходимые управляющие воздействия на органы управления БПЛА — элероны, руль высоты и двигатель.

Определение положения в пространстве становится практически невозможным в случае потери сигнала системы глобального позиционирования. И в этом случае дальнейшее управление БПЛА становится крайне затрудненным; вероятность возврата летательного аппарата на место взлета стремится к нулю, а вероятность его потери экспоненциально возрастает. Следовательно, задача по определению положения относительно точки взлета, или, как принято говорить, НСУ (наземной станции управления), и, в дальнейшем, определения направления движения (курса) на НСУ, является центральной, основной задачей.

На настоящий момент основным методом позиционирования БПЛА является глобальная спутниковая навигационная система (СНС). Приемник сигнала, содержащего информацию о местоположении, является автономным устройством и устанавливается на борт БПЛА. В непрерывном режиме он обрабатывает принимаемые со спутников данные и осуществляет решение навигационной задачи. Для повышения точности данных, получаемых с глобальной навигационной спутниковой системы, сейчас активно стали использоваться сети наземных стационарных вышек [2]. Такие вышки являются реперными для системы навигации БПЛА, они определяют погрешности показаний глобальной системы навигации и отправляют поправки по радиоканалу на приемники БПЛА. Также для получения информации о положении БПЛА в пространстве в бортовое оборудование, помимо приемника сигнала системы глобального позиционирования, интегрируют малогабаритную инерциальную навигационную систему (ИНС). В нее входит комплекс датчиков, по данным которых САУ получает информацию об угловых скоростях и ускорениях по трем независимым осям.

В случае потери сигнала СНС, используемого для определения положения летательного аппарата в пространстве, навигация и управление БПЛА становятся возможными только при помощи инерциальной

навигационной системы в составе бортового оборудования, при использовании которой в вычислениях со временем накапливается ошибка. Это связано с рядом особенностей бортового оборудования, в том числе, с несовершенством работы бортовых датчиков, конечностью разрядной сетки и многим другим. Разработка алгоритма, позволяющего определить положение в пространстве при помощи альтернативных методов, дало бы возможность определить истинное положение БПЛА в пространстве и вернуть контроль над ним, исключив риск его потери.

Бортовой комплекс БПЛА является полнофункциональным средством навигации и управления беспилотного летательного аппарата. Комплекс обеспечивает: определение навигационных параметров, в том числе, углов ориентации и параметров движения аппарата (угловых скоростей и ускорений); навигацию и управление при полете по заданной траектории; стабилизацию углов ориентации аппарата в полете; выдачу в канал передачи на наземную станцию управления телеметрической информации о навигационных параметрах, углах ориентации БПЛА. В минимальный типовой состав бортового комплекса входят следующие компоненты: блок инерциальной навигационной системы; приемник СНС; накопитель летных данных (телеметрии); датчик воздушной скорости. В укрупненном виде схема САУ БПЛА представлена на рис. 1.

Принципиальная блок-схема системы управления БПЛА

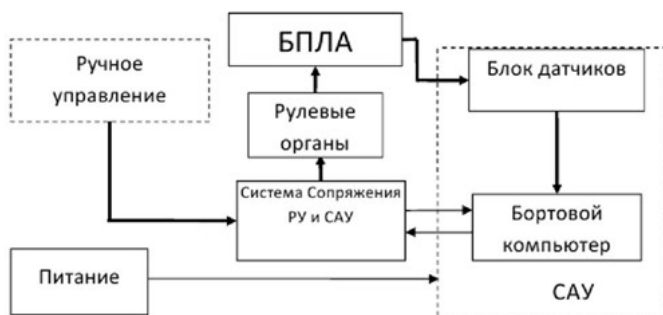


Рисунок 1 — Принципиальная схема САУ БПЛА

Для позиционирования летательного аппарата при отсутствии сигнала глобальной навигационной системы возможно использовать следующие методы определения положения БПЛА, описанные в научной литературе [3]:

- 1) Триангуляционный метод - основанный на принципе геометрической триангуляции, в котором используется измерение расстояний для определения координат объекта. Этот процесс сводится к геометрической задаче поиска координат точки, заданной как пересечение двух линий в трехмерном пространстве.
- 2) Радиотехнический метод – позволяет определить расстояние до объекта при помощи вычисления задержки времени прохождения сигнала от источника до приемника.
- 1) Триангуляционный метод определения положения в пространстве. Данный метод решения был рассмотрен во многих научных трудах [4] и относится к стыку таких областей наук как радиолокация и геометрия, а именно, к определению местоположения объекта путем сопоставления в одной системе координат двух и более найденных направлений на объект. Метод заключается в определении местоположения цели M путем измерения расстояний между целью и опорными пунктами O_1 и O_2 . Каждая по-верхность положения представляет собой сферу с центром в опорном пункте и радиусом, равным дальности. Поскольку точки M , O_1 , O_2 находятся в одной плоскости, то окружности радиусами $O_1M = D_1$ и $O_2M = D_2$ пересекаются в искомой точке M (рис. 2).
- 2) Радиотехнический метод определения расстояния. Данный метод также был рассмотрен и описан с точки зрения практической применимости в многочисленных научных трудах [5]. В основе радиотехнических методов измерения расстояний лежат свойства радиоволн распространяться в однородной среде прямолинейно и с постоянной скоростью. Измерение расстояния производится из одной точки пространства и в принципе может быть осуществлено беззапросным или запросным методами.

Рассмотрим сущность двух этих разновидностей методов. Беззапросный метод основан на том, что время распространения радиоволн от объекта-источника излучения до точки расположения приёмника-измерителя пропорционально пройденному пути, и расстояние опреде-

ляют, используя из-вестное соотношение:

$$R = c \cdot t_R \quad (1)$$

где R - измеряемое расстояние;

c - скорость распространения радиоволн, равная скорости света;

t_R - время прохождения радиоволн от источника излучения до приёмника.

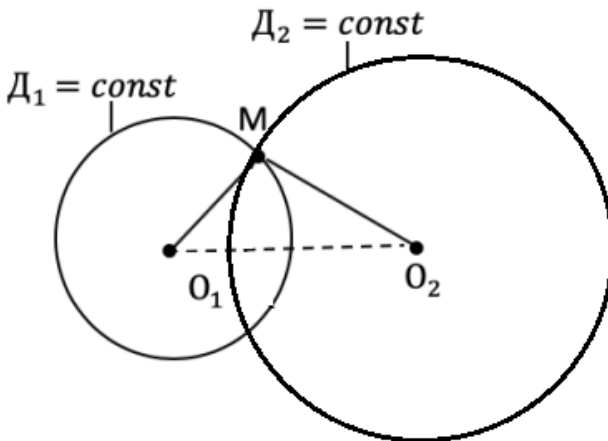


Рисунок 2 — Схематичное представление принципа триангуляции на плоскости

Таким образом, для определения расстояния до радиомаяка необходимо измерить каким-либо способом время t_R . Чтобы точно измерить время, на приемнике необходимо точно знать момент излучения сигнала радиомаяком.

Для этого в состав аппаратуры радиомаяка и аппаратуры получателя должны входить эталоны времени, обеспечивающие формирование согласованных между собой измерений.

Данный метод является методом непосредственного измерения. В случае его использования измеряется время распространения радиоволн от источника до цели и обратно t_3 , его называют временем запаздывания отраженного сигнала:

$$t_3 = t_{\text{пр}} - t_{\text{изл}} \quad (2)$$

где $t_{\text{пр}}, t_{\text{изл}}$ — время приема и излучения сигнала соответственно.

В результате расстояние до объекта L определяется в соответствии с выражением:

$$L = \frac{t_3 \cdot c}{2}, \quad \text{где } c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

Предлагаемый метод, представляющий собой радиотехнический метод, дополненный данными определенной при помощи барометрического датчика высоты, позволяет осуществлять определение расстояния до объекта в трехмерном измерении. Иным вариантом является переход при вычислении от трехмерного к двумерному пространству, поскольку на большом удалении БПЛА от НСУ можно пренебречь высотой полета и считать, что летательный аппарат летит в одной плоскости с точкой взлета (на одной высоте). Так или иначе, вычисление гипотенузы не составляет большого труда при известных длинах катетов прямоугольного треугольника.

К сожалению, триангуляционный метод в рассматриваемом нами случае не может быть применен, поскольку присутствует лишь один источник (БПЛА) и один приемник (НСУ), в то время как принцип вычисления в соответствии с таким методом состоит в поиске пересечения двух линий.

Таким образом, применение радиотехнического метода измерения дальности в совокупности с данными, получаемыми от ИНС САУ, а также показателями приборов на борту (барометрический датчик высоты, датчик скорости) позволит вернуть нам контроль над БПЛА в степени, достаточной для возвращения на точку взлета.

Данный метод в виде математической модели может быть представлен следующим образом (рис. 3). Известны координаты наземной станции управления ($x_1, y_1, z_1=0$), также известна высота

полета БПЛА $h = z_2 - z_1$. Точка взлета принимается за точку отсчета, то есть высота взлета есть нулевая высота. L – расстояние от наземной станции управления до БПЛА.

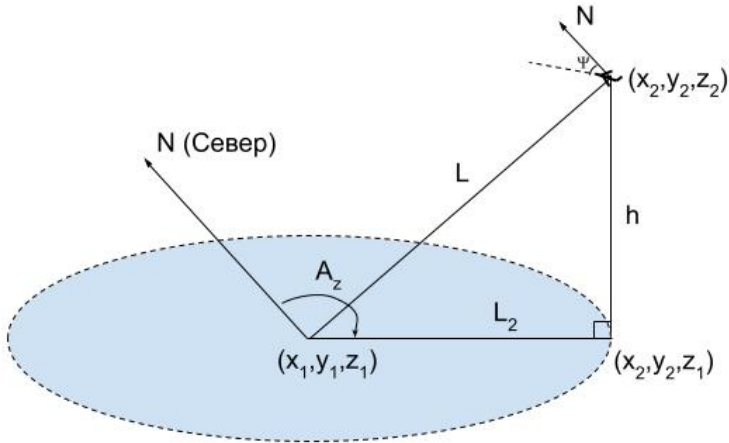


Рисунок 3 — Математическая модель метода возврата БПЛА при потере СНС

Расстояние L может быть рассчитано исходя из времени задержки прохождения сигнала от БПЛА до наземной станции управления, используя формулу (3):

$$L = t_3 \cdot \frac{c}{2}, \quad \text{где } c \text{ — скорость света.}$$

Определим L_2 — проекцию удаления БПЛА от наземной станции управления на плоскость Земли по формуле

$$L_2 = \sqrt{L^2 - h^2} \quad (3)$$

Пунктирная окружность на рис. 3 является геометрическим местом точек с координатами местоположения при известном нам L — расстоянии удаления БПЛА от НСУ.

Определение того, как изменяется расстояние от НСУ до БПЛА, позволяет проанализировать относительное направление движения БПЛА и, изменяя его, совершить возврат БПЛА на точку взлета.

Разработанный алгоритм позволяет вернуть контроль над БПЛА в достаточной для его возврата к НСУ степени, что повышает безопасность и стабильность управления в сложных условиях, а также позволяет избежать потери БПЛА и удержания его на точке взлета.

Результаты работы могут быть полезны для дальнейшего совершенствования систем управления беспилотными летательными аппаратами и повышения их автономности и надежности. Дальнейшее развитие в данном научном направлении предполагает, на наш взгляд, возможную реализацию метода триангуляционного определения положения в пространстве с соответствующим изменением компоновки схемы взаимодействия между БПЛА и НСУ.

Список литературы

1. Yasmina B.S. Smart autonomous aircraft. Flight Control and Planning for UAV. – France: Université d'Evry, 2016.
2. Ардентов А.А., Бесчастный И.Ю., Маштаков А.П. Алгоритмы вычисления положения и ориентации БПЛА // Программные системы: теория и приложения: электрон. научн. журн. – 2012. – Т. 3, № 3 (12), с. 23–39.
3. Никольский Б.А. Методы радионавигационных измерений. – Самара: Самарский государственный аэрокосмический ун-т им. акад. С. П. Королева, 2003.
4. Шилов Н.С., Веденькин Д.А. Определение координат объекта в пространстве посредством метода триангуляции // Материалы XVII Международной научно-технической конференции. – Т. 3. – Казань: Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева, 2019.
5. Алёшин Б.С. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии. – М.: Физмалит, 2006.

**PROBLEM SOLUTION OF RETURNING THE UAV
IN CASE OF LOSS OF NAVIGATION SYSTEM SIGNAL**

M. O. Popov

Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia
e-mail: *popovmo999@gmail.com*

M. A. Senilov

Udmurt State University, Izhevsk, Russia
e-mail: *senilov@bk.ru*

The article deals with the problem of UAV control and its return in case of signal loss from the global satellite navigation system, which leads to the practical impossibility of determining the UAV location using this system. Methods for solving this problem are considered and analyzed. Proposed algorithm allows in this situation to determine the true position of the UAV in space and return control over it, eliminating the risk of its loss.

Keywords: UAV control, navigation task, satellite navigation system, inertial navigation system, UAV ACS, triangulation method for determining position in space, radio engineering method for determining distance, UAV return algorithm.

МОНИТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ МНОГОКВАРТИРНОГО ДОМА ПРИ РУЧНОМ РЕГУЛИРОВАНИИ РАСХОДА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

П.Г. Огородников

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия

e-mail: *pavel@udsu.ru*

В статье предлагается способ, позволяющий производить мониторинг контролируемых параметров климата в жилых помещениях, параметров работы оборудования в индивидуальном тепловом пункте и помогающий обслуживающему персоналу обоснованно принимать решение о необходимости регулировки или иных действий в целях борьбы с “перетопами” в жилых многоквартирных домах и оптимизации расходов собственников помещений в многоквартирном доме на оплату тепловой энергии. Для этого предлагается использовать возможности беспроводных сенсорных сетей, работающих на недорогих устройствах по протоколам Zigbee, и программное обеспечение с открытым исходным кодом для домашней автоматизации Home Assistant, установленное на локальном сервере, в качестве которого может использоваться безвентиляторный мини-ПК или одноплатный компьютер.

Ключевые слова: умный дом, беспроводная сенсорная сеть, жилищно-коммунальное хозяйство, погодное регулирование, жилой многоквартирный дом, Zigbee, Home Assistant.

Введение

Правила оказания коммунальных услуг предъявляют высокие требования к качеству коммунальной услуги по отоплению в жилых помещениях многоквартирных домов. В частности, для Ижевска в отопительный период в жилых помещениях должна быть обеспечена нормативная температура не ниже +20°C (в угловых комнатах – +22°C), допустимое превышение нормативной температуры – не более 4°C, допустимое снижение нормативной температуры в ночное время суток (от 0.00 до 5.00 часов) – не более 3°C, снижение температуры

воздуха в жилом помещении в дневное время (от 5.00 до 0.00 часов) не допускается [1].

Большинство жилых многоквартирных домов старой застройки в Ижевске отапливаются от централизованной системы теплоснабжения по зависимой схеме с применением температурного графика 150/70 [2]. Износ городских коммунальных сетей и использование теплоносителя для приготовления горячей воды на общедомовом оборудовании вынуждает применять срезку. Например, наш дом питается от ТЭЦ-1 в городе Ижевске. Точка излома температурного графика при спрямлении для ГВС 70 °С применяется при температуре наружного воздуха -2 °С. Точка срезки температурного графика 120 °С применяется при температуре наружного воздуха -25 °С (рис. 1).

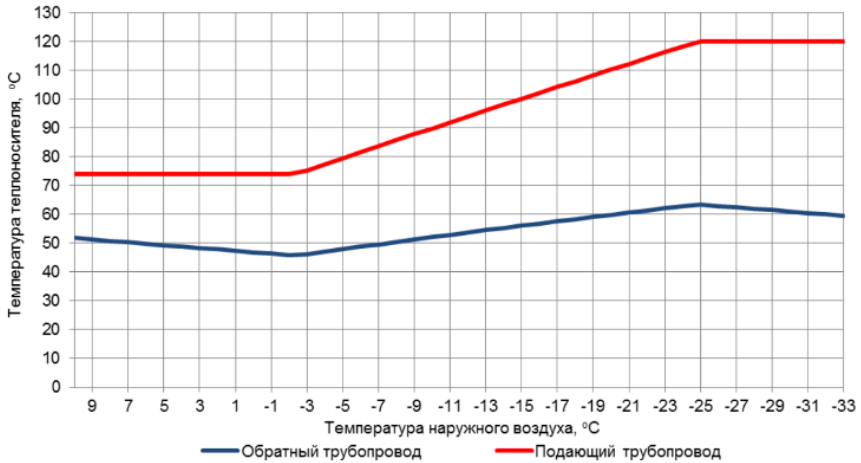


Рисунок 1 — Температурный график отпуска тепловой энергии в сетевой воде 150/70 °С со спрямлением для ГВС и срезкой на 120 °С

Т.о. в осенне-весенний сезон регулировка тепловой нагрузки должна производиться на оборудовании, расположенном внутри самого дома. Для этого в многоквартирные дома устанавливают системы автоматического погодного регулирования. Стоимость установки такой системы составляет несколько сотен тысяч рублей, а на сегодняшний

день может обойтись собственникам помещений в многоквартирном доме в сумму, превышающую 1 млн. руб. Но даже такие вложения могут окупаться за 2-3 года за счет экономии тепла, которое является дорогостоящим коммунальным ресурсом. Но всё же далеко не в каждом многоквартирном доме установка дорогостоящего оборудования будет оправдана и целесообразна.

Например, в домах старой застройки небольшой площади и этажности с элеваторной схемой присоединения к тепловым сетям практикуется регулировка путем настройки ручного балансировочного вентиля, установленного на трубе обратной воды (см. рис.2).

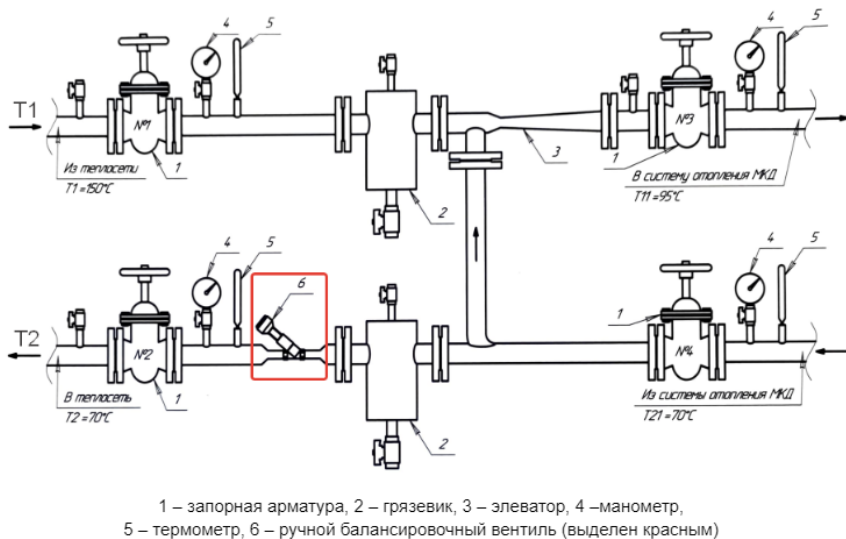


Рисунок 2 — Схема элеваторного узла

Установка такого вентиля это не самое эффективное решение, но позволяет производить количественное регулирование, а его стоимость на два порядка ниже, чем автоматика погодного регулирования. Поэтому такая схема находит широкое применение и сегодня.

Регулировка расхода тепловой энергии в целях ее сбережения с помощью ручного вентиля входит в обязанность персонала управляющих организаций, обслуживающих отопительную систему в многоквартир-

ном доме. При этом необходимо соблюдать тепловые и гидравлические режимы, а также требования к качеству коммунальных услуг, санитарных норм и правил [3].

Но как рассчитать тепловую нагрузку и выбрать оптимальные параметры регулировки? Для решения этой задачи предлагается развернуть инфраструктуру умного дома включающую:

- **беспроводную сенсорную сеть**, состоящую из множества датчиков, объединенных между собой посредством радиоканала.
- **локальный сервер**, обеспечивающий управление сетью, сбор, хранение и обработку данных с датчиков, а также интерфейс для доступа к обработанным данным из сети Интернет.

Беспроводная сенсорная сеть

Сегодня благодаря развитию микроэлектроники и протоколов беспроводной связи на рынке присутствует множество недорогих устройств, работающих по стандартам Zigbee и обладающих высокими эксплуатационными свойствами. Отличительными особенностями технологии Zigbee является ее способность к самоорганизации и самовосстановлению, ячеистая (mesh-) топология, защищенность, высокая помехоустойчивость, низкое энергопотребление и отсутствие необходимости получения частотного разрешения [4]. Это делает Zigbee-сеть подходящей основой для беспроводной инфраструктуры внутри многоквартирного дома. Сетевые устройства монтируются без нарушения целостности строительных конструкций здания и отделки помещений, без переустройства инженерных сетей. Поскольку связь происходит по радиоканалу, то прокладки дополнительных кабелей не требуется. При этом такая инфраструктура хорошо масштабируется и способна предоставить широкий набор дополнительных сервисов для безопасности и комфорта проживания в доме, начиная от мониторинга для принятия обоснованных решения при управлении многоквартирным домом и осуществлении технического регулирования внутридомового оборудования, а также оповещения при аварийных ситуациях, до запуска полноценных автоматизаций, таких как управление освещением или автоматический полив газонов.

Zigbee-сеть состоит из следующих элементов:

- 1) Координатора, устанавливающего параметры сети и организующего ее работу. Координатор напрямую подключается к ло-

- кальному серверу, на котором устанавливается специальное программное обеспечение – система домашней автоматизации.
- 2) Маршрутизаторов, расширяющих сеть и обеспечивающих ее присутствие по всему зданию.
 - 3) Непосредственно самих датчиков, снимающих контролируемые параметры в необходимые промежутки времени. Спецификация Zigbee обеспечивает возможность длительной работы датчиков от автономных источников питания (например, литиевых батарей) – от нескольких месяцев до 2-х лет.
 - 4) Необходимо добавить, что для обеспечения автоматизаций в сети могут присутствовать воздействующие устройства, интегрированные в инженерное оборудование и делающие это оборудование умным. Например, замки, светильники, реле (например, для автоматизации работы греющих кабелей на трубопроводах), термоголовки на радиаторах отопления, запорная и регулирующая арматура на трубопроводах и пр. Но в нашем случае такие устройства пока не рассматриваются, т.к. их монтаж связан с вмешательством в инженерные системы и требует согласования установки с управляющей организацией.

Сервер умного дома

Итак, необходимой частью инфраструктуры является локальный сервер, с установленным программным обеспечением, которое записывает в базу данных и хранит передаваемые показания сенсоров каждого датчика, а также предоставляет возможности для их обработки и визуализации. Рассмотрим эту часть подробнее.

В качестве платформы на сервере используется Home Assistant – это программное обеспечение с открытым исходным кодом для домашней автоматизации, позволяющее интегрировать и управлять различными устройствами и сервисами умного дома [5].

Home Assistant поддерживает интеграцию широкого спектра различных устройств (от разных производителей) и сервисов, включая облачные. Платформа позволяет создание сложных сценариев автоматизации, обработку данных статистическими методами и их визуализацию в виде понятных схем, таблиц и графиков, а управление осуществляется через веб-интерфейс, который можно очень гибко настраивать различными дополнениями. Для конфигураций и настроек используется синтаксис YAML.

Home Assistant нетребователен к ресурсам, поэтому в качестве сервера был использован имеющийся в наличии промышленный безвентиляторный мини-ПК на базе процессора Intel Celeron J1900, ОЗУ 8 ГБ, диск 128 ГБ. Платформа была установлена как операционная система HA Operating System (этот способ установки рекомендован разработчиками), она включает ядро, функцию Supervisor для управления ядром и настройки сценариев автоматизации, набор необходимых плагинов для интеграции устройств и обращения к сервисам.

К серверу подключен USB-стик SONOFF Dongle Plus-E на базе современного контроллера EFR32MG2, работающий в режиме координатора беспроводной сети по протоколу Zigbee 3.0. Устройство имеет усилитель сигнала +20 dBm и обеспечивает надежную связь до 32 подключенных устройств в радиусе до 100 м при прямой видимости (до 20 м при наличии преград в виде стен и межэтажных перекрытий) [6].

Чтобы покрыть сеть на всё здание пятиэтажного дома достаточно установки по 1–2 маршрутизатору на базе чипа EFR32MG2 в каждом подъезде. Поэтому в качестве таких устройств использованы всё те же стики SONOFF Dongle Plus-E с установленной микропрограммой, обеспечивающей их работу в режиме роутера [7]. Каждый маршрутизатор, во-первых, расширяет радиус сети, а во-вторых, увеличивает способность подключать большее количество датчиков.

Контроль параметров температуры в жилых помещениях

В квартирах были размещены датчики с дисплеем, отображающим информацию с сенсоров. Таких датчиков сегодня на рынке представлено достаточное количество моделей от разных производителей. В частности были использованы следующие модели датчиков:

- 1) SONOFF SNZB-02D. В устройстве используется всё тот же чип EFR32MG22, позволяющий работать датчику по протоколу Zigbee 3.0. Рабочий диапазон измеряемых температур сенсора -5°C 40°C, заявленная точность $\pm 0.2^\circ\text{C}$. Кроме температуры, датчик измеряет влажность воздуха, заявленный рабочий диапазон составляет 5–95%, точность $\pm 2\% \text{RH}$. Размеры датчика 59.5x62.5x18.5 мм, вес 78 гр, устройство снабжено ЖК-экраном 2,8", питание осуществляется от литиевой батареи CR2450 [8]. Датчик без проблем интегрируется в Home Assistant через интеграцию ZHA и держит устойчивое соединение на расстоянии

от роутера до 15–20 м внутри помещения. Измерение показаний осуществляется каждые 30 секунд. При изменении показателей, данные транслируются в сеть.



Рисунок 3 — Датчик SNZB-02D

- 2) Xiaomi Mijia LYWSD03MMC. В устройстве используется чип TLSR825x. Датчик снабжен ЖК-экраном, имеет размеры 43x43x12.5 мм и весит 20 гр. Рабочий диапазон измеряемых температур сенсора заявлен 0°C 60°C, точность $\pm 0.1^\circ\text{C}$. Кроме температуры, датчик измеряет влажность воздуха, заявленный рабочий диапазон составляет 0–99%, точность $\pm 1\%RH$. Изначально датчик работает по протоколу Bluetooth. Для его работы в сети Zigbee требуется установить специальную прошивку [9]. После прошивки, датчик подключается в сеть по протоколу Zigbee 3.0, проблем с интеграцией в Home Assistant не возникает (использовалась интеграция ZHA). Устройство питается от литиевой батареи CR2032, из-за чего в прошивке приходится ограничить мощность передатчика до +2 дБм (исзначально заявлена мощность 4,16 дБм) что позволяет обеспечить его длительную работу (до 6 мес.), но при удалении от роутера более чем на 10 м, датчик держит связь неустойчиво, периодически выпадая

из сети. Интервал измерения температуры настраивается в прошивке и может составлять от 30 до 180 секунд, при изменении более чем на 0.1 °C данные транслируются в сеть.



Рисунок 4 — Датчик Xiaomi Miija LYWSD03MMC

- 3) Такими датчиками удалось покрыть более 80% квартир в доме, расположенных по всему зданию (см. рис. 5).

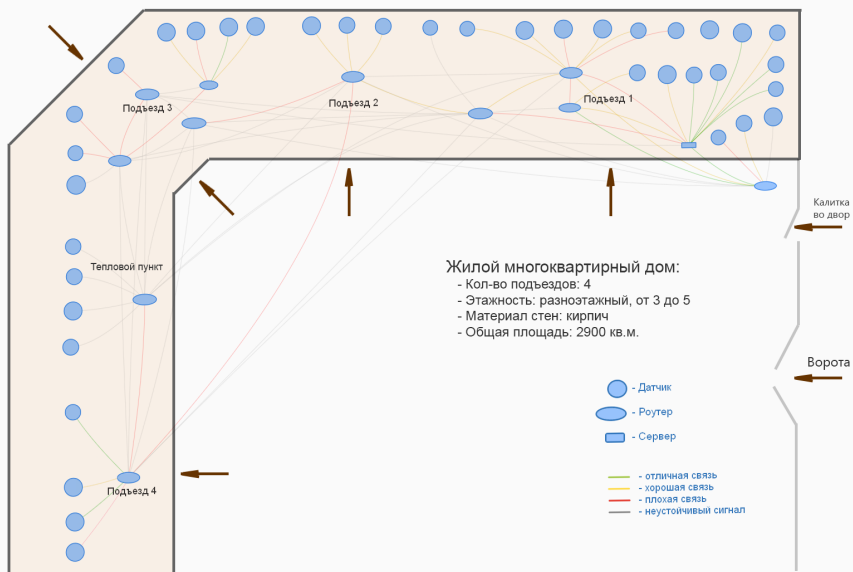


Рисунок 5 — Визуализация беспроводной сенсорной сети на схеме здания

Для обработки данных применялся следующий алгоритм:

- 1) Все датчики были поделены на две группы, в зависимости от их расположения – датчики, расположенные в угловых квартирах выделены в отдельную группу.
- 2) Для каждой группы рассчитывается медианная температура и этот параметр выводится на информационную панель Home Assistant (см. рис. 6).



Рисунок 6 — Информационная панель с отображением контролируемых параметров, характеризующих температуру в жилых помещениях многоквартирного дома

Зеленая зона на индикаторах показывает область допустимых значений, синяя зона показывает область низкой температуры в помещениях, красная – сигнализирует о “перегопе” в доме.

Контроль параметров теплоносителя

Для контроля параметров теплоносителя необходимо установить датчики непосредственно на элеваторном узле.

Для установки датчиков температуры рабочей жидкости на элеваторном узле имеются термокарманы, заполненные трансформаторным маслом. Сам датчик был изготовлен на базе устройства ЕФЕКТА Т1 v2 [10] с выносным сенсором DS18B20. Датчик имеет рабочий диапазон -55°C 125°C с точностью 0.5% и питается от двух батареек ААА. У датчика был заменен корпус на кастомный с щупом из нержавеющей стали длиной 150 мм. Сенсор DS18B20 соединен с платой датчика термостойкими проводами с силиконовой оболочкой и помещен внутрь щупа с добавлением термопасты (см. фото рис. 7).



Рисунок 7 — Датчик температуры Efekta T1 v2 в корпусе с щупом, помещенном в термостакан

Всего на элеваторном узле было установлено 3 таких датчика:

- 1) На подающем трубопроводе
- 2) Непосредственно после элеватора
- 3) Непосредственно после элеватора

Датчики были интегрированы в Home Assistant через интеграцию ZHA и показали стабильную работу. Показания датчиков выведены на информационную панель (см. рис. 8).

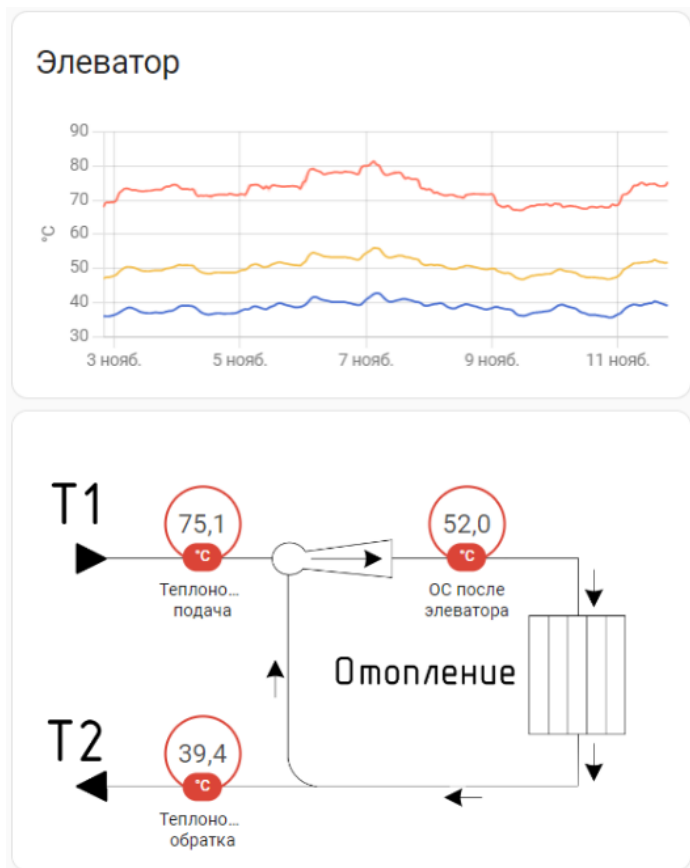


Рисунок 8 — Панель контроля параметров теплоносителя на элеваторном узле системы отопления

Для установки датчиков давления в системе имеются специальные отводы с трехходовым краном, позволяющие отключение прибора для обслуживания. Для контроля гидравлического режима, в частности, располагаемого напора в системе отопления (что критически важно для правильной работы элеватора) необходима установка двух датчиков – на подающем трубопроводе и на обратном. Для этого могут быть использованы, например, датчики ЭФЕКТА PST v1 [11] или ЭФЕКТА PST Duo v1 с установленными с внешними сенсорами КУ-12С-3V3, рабочий температурный диапазон которых составляет -20°C 110°C, а измеряемое давление до 10 Bar.

Также для полноты картины необходимо получать надежные данные о температуре наружного воздуха. Для этого были изготовлены две погодные станции.

В основе каждой станции лежит датчик SONOFF SNZB-02P, использующий чип EFR32MG22 и оснащенный сенсором SHT40, обеспечивающим измерения в рабочем диапазоне -40°C 125°C с точностью $\pm 0.2^\circ\text{C}$ [12]. Датчик питается от литиевой батареи CR2477 и защищен экраном Стивенсона, распечатанным на 3D-принтере из белого PET-G пластика. Станция крепится на кронштейне с помощью неодимовых магнитов. В нашем случае станции были закреплены на водосточных трубах, идущих по северному фасаду здания, на высоте около 3 м от земли (см. фото рис. 9).



Рисунок 9 — Погодная станция с датчиком SNZB-02P

Датчики погодных станций были подключены по протоколу Zigbee 3.0 и интегрированы в Home Assistant через интеграцию ZHA.

Дополнительно для более точного и надежного получения температуры наружного воздуха в Home Assistant были интегрированы облачные сервисы прогноза и мониторинга погоды от следующих провайдеров:

- 1) GISMeteo – предоставляет текущую погоду и прогноз на ближайшие несколько дней в точке заданных географических координат. Интеграция доступна по адресу <https://github.com/Limych/ha-gismeteo>
- 2) Яндекс.Погода – предоставляет текущую погоду и прогноз на ближайшие несколько дней в точке заданных географических координат. Интеграция доступна по адресу <https://github.com/IATkachenko/HA-YandexWeather>

3) Народный мониторинг <https://narodmon.ru/> – предоставляет данные ближайших к заданной географической точке датчиков. Интеграция доступна по адресу <https://github.com/Limych/ha-narodmon>

В качестве текущей температуры наружного воздуха принималась медианная температура, рассчитанная по всем полученным данным – и от погодных станций, и от провайдеров (см. рис. 10).

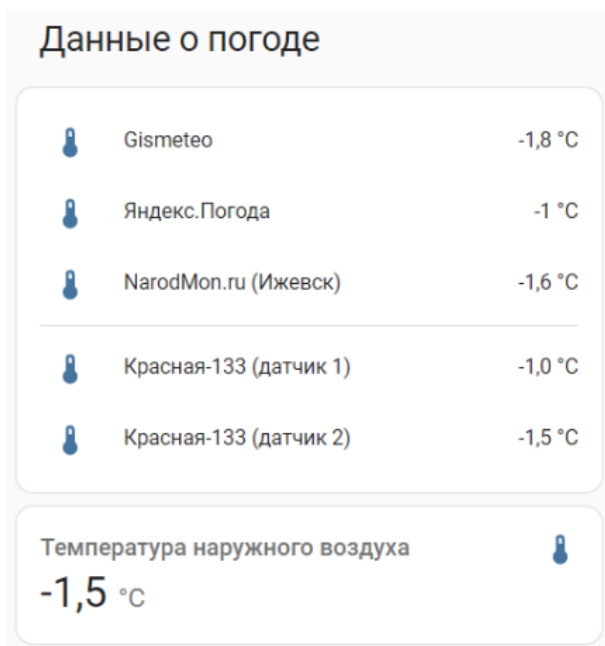


Рисунок 10 — Информационная панель с данными о температуре наружного воздуха с уличных датчиков и от провайдеров. Внизу панели рассчитанное значение температуры (медиана)

Итоговая информационная панель в интерфейсе Home Assistant сейчас выглядит так, как показано на рис.11.

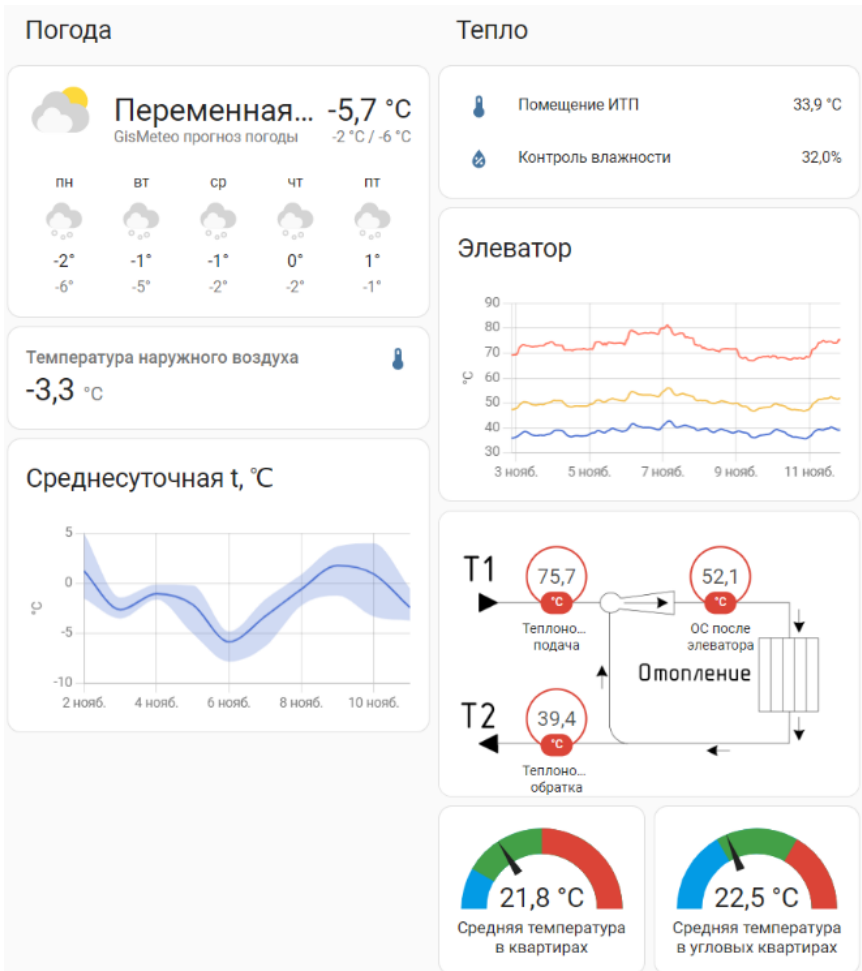


Рисунок 11 — Информационная панель, созданная в Home Assistant для контроля параметров отопительной системы в отопительный период

Раздел II

Как видно на рисунке, в текущий момент контролируемые параметры находятся в допустимых пределах, система отрегулирована правильно и не требует корректировки.

На следующем графике представлена статистика температуры наружного воздуха и параметров теплоносителя. Начало отопительного периода – 02 октября. На графике видно, как был произведен запуск системы отопления. 03 октября обслуживающая организация производила развоздушивание и перезапуск проблемных участков, а 22 октября производились работы на теплотрассе с переключением дома по резервной схеме, что на несколько часов привело к “ухудшенному режиму” параметров теплоносителя (см. рис. 12).

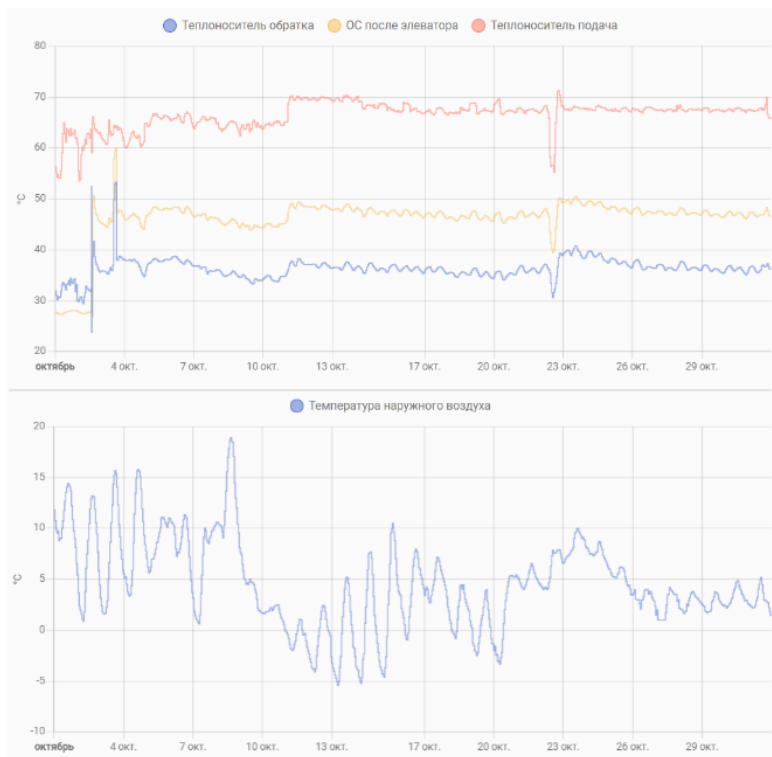


Рисунок 12 — Температурный график за период Октябрь-2024

На следующем графике показана статистика температуры в жилых помещениях. Как видно из графика, ручная регулировка не позволяет устранить влияние резких перепадов температуры наружного воздуха в течение суток (так называемый суточный график). Но в целом позволяет устранять длительные “перетопы” в сезон “бабьего лета” (см. рис. 13).



Рисунок 13 — Статистика температуры в жилых помещениях в МКД за Октябрь-2024

Заключение

Действующие системы отопления в многоквартирных домах старой застройки были спроектированы и построены несколько десятилетий назад и сегодня конечно сильно устарели. Реконструкция инженерных сетей и замена оборудования на энергоэффективное возможны при проведении в доме капитального ремонта. Но что делать, если такой ремонт пока не планируется или установка дорогостоящей автоматики погодного регулирования в доме является нецелесообразной?

Рассмотренный в статье опыт показывает, что контролировать параметры теплоносителя, а также осуществлять регулировку его расхода для ликвидации “перетоков” (и тем самым экономить на коммунальных платежах) возможно, пусть даже вручную и не так эффективно (например, при ручной регулировке мы не можем нивелировать случающиеся сильные перепады между дневной и ночной температурой), но тем не менее потенциал есть. А за счет того, что вопрос решается недорогими средствами, появившимися благодаря развитию свободного программного обеспечения для домашней автоматизации и современным технологиям беспроводных сенсорных сетей на дешевой элементной базе по протоколам Zigbee, то развертывание такой инфраструктуры в доме является оправданным.

В дальнейшем, при замене ручной регулирующей арматуры инженерных сетей отопления на аналогичные устройства воздействия, включенные в инфраструктуру умного дома, а также при разработке алгоритмов работы этих устройств средствами системы домашней автоматизации, можно добиваться уровня эффективности, не уступающего автоматическим системам погодного регулирования. И остается лишь вопрос надежности таких решений, который требует отдельного изучения.

Список литературы

1. Приложения N 1 к Правилам предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов, утвержденных ПП РФ от 05.06.2011 №354, ч.15.
2. Схема теплоснабжения города Ижевска на период до 2032 г. [Электронный ресурс] Актуализированная версия. Стр.117. – URL: https://www.izh.ru/res_ru/0_hfile_60214_1.pdf – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
3. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации ст.12, ч.8.
4. Zigbee [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Zigbee> – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
5. Home Assistant [Электронный ресурс] – URL: <https://www.home-assistant.io/> – Загл. с экрана.
6. SONOFF Dongle Plus-E – URL: <https://www.sonoff.ru/product/stik-sonoff-zigbee-30-usb-dongle-plus-e> – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. Описание прошивки – URL: https://github.com/xsp1989/zigbeeFirmware/tree/master/firmware/Zigbee3.0_Dongle-NoSigned/RouterForDongle – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
8. SONOFF SNZB-02D – URL: <https://www.sonoff.ru/product/datchik-temperature-i-vlazhnosti-sonoff-snzb-02d-zigbee-c-displeem> – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
9. Документация к прошивке – URL: <https://github.com/pvvx/ZigbeeTLC> – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
10. EFEKTA T1 v2 – URL: <https://github.com/smartboxchannel/EFEKTA-T1-v2> – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

Раздел II

11. EFEKTA PST v1 – URL: <https://telegra.ph/Datchik-davleniya-zhidkostigaza-kontaktnyj-EFEKTA-PST-v1-09-23> – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
12. SONOFF SNZB-02P – URL: <https://www.sonoff.ru/product/datchik-temperature-i-vlazhnosti-sonoff-snzb-02p-zigbee> – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

Temperature monitoring in residential areas of an apartment building with manual regulation of coolant flow

P.G. Ogorodnikov

Udmurt State University, Izhevsk, Russia

e-mail: *pavel@udsu.ru*

The article proposes a method for monitoring controlled climate parameters in residential premises, operating parameters of equipment in an individual heating point, and helping service personnel make informed decisions about the need for adjustments or other actions to combat “overheating” in residential apartment buildings and optimize the costs of owners of premises in an apartment building for paying for thermal energy. For this purpose, it is proposed to use the capabilities of wireless sensor networks operating on inexpensive devices using Zigbee protocols and open source software for home automation Home Assistant installed on a local server, which can be a fanless mini-PC or a single-board computer.

Keywords: smart home, wireless sensor network, housing and communal services, weather control, residential apartment building, Zigbee, Home Assistant.

УДК 004.94, 004.42, 681.6, 004.356.2

ИНТЕГРАЦИЯ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В FREECAD: РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЯ НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕМЕНТОВ БПЛА

А.В. Кривова

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия

e-mail: *krivovaav@mail.ru*

В статье представлена разработка и применение модуля топологической оптимизации в среде FreeCAD с использованием метода BESO для проектирования элементов беспилотных летательных аппаратов.

Ключевые слова: топологическая оптимизация; FreeCAD; BESO; аддитивные технологии; БПЛА.

Введение

В современном мире инженерные технологии продолжают развиваться быстрыми темпами, и одним из значительных достижений последних лет является топологическая оптимизация. Этот метод позволяет создавать конструкции с высокой функциональной эффективностью, обеспечивая при этом минимальный расход материалов и максимальные механические характеристики. Особенно актуальной становится топологическая оптимизация в сочетании с аддитивными технологиями, которые открывают возможность реализации сложных геометрических форм, ранее невозможных при традиционных методах производства.

Аддитивные технологии, такие как 3D-печать, позволяют материализовать проектные решения, обеспечивая возможность изготовления легких и прочных конструкций. Это особенно важно в сфере беспилотных летательных аппаратов (далее БПЛА), где каждый грамм конструкции влияет на эффективность полёта, дальность и продолжительность работы устройства. Таким образом, интеграция топологической оптимизации и аддитивных технологий открывает новые горизонты в проектировании элементов БПЛА.

Описание предметной области

Топологическая оптимизация является передовым направлением в современном инженерном проектировании, предоставляющим возможности для создания структур с высокой функциональной эффективностью. В области аддитивных технологий эти методы нашли широкое применение благодаря своей способности создавать оптимальные формы, которые обеспечивают максимальную прочность и эффективность при минимальном использовании материала.

Актуальность

В современном мире возрастает потребность в эффективных методах и технологиях для прототипирования корпусов и компонентов беспилотных летательных аппаратов. Аддитивное производство предоставляет уникальные возможности в этой области.

Целью стала разработка плагина для программы FreeCAD, который позволил выполнять топологическую оптимизацию 3D моделей.

Этот плагин предназначен для автоматизации процессов оптимизации структурных характеристик моделей, путем сокращения их массы и материалоемкости без ущерба для функциональности и прочности. Основная задача состоит в интеграции плагина в уже существующие модули программы FreeCAD для упрощения их взаимодействия, а также создания удобного для пользователя интерфейса.

Инструменты

Разработка и внедрение методов топологической оптимизации потребовала использования специализированных программных средств, которые позволяют проводить анализ и оптимизацию конструкций. В данной работе основное внимание было уделено программному обеспечению FreeCAD и его модулям.

FreeCAD — это бесплатная и открытая платформа для трёхмерного моделирования, которая поддерживает модульную архитектуру. Это даёт возможность расширять её функциональность с помощью пользовательских модулей и плагинов. Одним из главных преимуществ FreeCAD является поддержка пользовательских дополнений, которые можно интегрировать для выполнения специфических задач, таких как топологическая оптимизация.

Для реализации топологической оптимизации был разработан специальный плагин, интегрированный в FreeCAD и использующий

алгоритмы на основе метода конечных элементов (FEM). Ключевыми инструментами для работы с FEM в FreeCAD являются:

- 1) **Верстак FEM** — предоставляет набор инструментов для выполнения анализа методом конечных элементов. Он позволяет задавать нагрузки, граничные условия, создавать сетки и использовать различные решатели, включая CalculiX, что делает его гибким решением для анализа сложных моделей.
- 2) **CalculiX** — модуль для выполнения структурного анализа. Используется для расчётов FEM и интегрирован в плагин для проведения итераций топологической оптимизации.

Процесс разработки модуля включал в себя создание интерфейса для взаимодействия с пользователем, обеспечение поддержки различных типов геометрий, настройку параметров фильтрации и визуализацию результатов оптимизации. Модуль был написан на языке программирования Python, который предоставляет гибкость и простоту при разработке и интеграции новых функций в FreeCAD.

Основная цель модуля заключалась в автоматизации процесса топологической оптимизации и упрощении использования этого метода для проектирования конструкций БПЛА.

Методы топологической оптимизации

Для реализации топологической оптимизации в данной работе использовался метод **BESO (Bi-directional Evolutionary Structural Optimization)**. Этот метод позволяет выполнять двунаправленную оптимизацию, то есть материал может быть как удалён, так и добавлен в процессе итераций. Метод основан на анализе напряжений и деформаций, что позволяет корректировать распределение материала и добиваться высокой эффективности использования ресурсов. Основным преимуществом метода BESO является его способность избегать застревания в локальных минимумах, что делает его надёжным инструментом для сложных инженерных задач.

Метод BESO был выбран для разработки модуля топологической оптимизации в FreeCAD благодаря его гибкости и возможности модификации структуры модели в процессе оптимизации. Алгоритм использует итеративный подход, при котором на каждом этапе рассчитываются критерии эффективности материала и принимаются решения о добавлении или удалении элементов модели.

Разработка и структура модуля для FreeCAD

Разработка модуля топологической оптимизации для FreeCAD включала создание комплекса инструментов, обеспечивающих выполнение всех этапов оптимизации: от подготовки модели до визуализации результатов. Модуль был реализован с использованием языка программирования Python, что позволило интегрировать его в среду FreeCAD с минимальными трудозатратами. **Структура модуля** включает несколько основных компонентов:

- 1) **Файл конфигурации.** В нём задаются параметры оптимизации, включая настройки для алгоритма BESO, пути к решателю CalculiX и условия для анализа.
- 2) **Библиотека функций.** Содержит алгоритмы для удаления и добавления материала, а также функции обновления параметров на каждой итерации. Это позволяет проводить двунаправленную оптимизацию с учётом критериев прочности и эффективности использования материала.
- 3) **Главный скрипт.** Управляет процессом итерационной оптимизации, используя функции из библиотеки. Также отвечает за создание лог-файлов, которые фиксируют промежуточные и итоговые результаты, включая изменение массы и плотности энергии.
- 4) **Модуль фильтрации данных.** Выполняет сглаживание сетки и устраняет возможные дефекты, такие как эффект «шахматной доски», для улучшения качества получаемой модели.
- 5) **Интерфейс пользователя.** Обеспечивает удобное взаимодействие с пользователем через графический интерфейс, позволяя задавать параметры анализа и запускать процесс оптимизации без необходимости редактирования текстовых файлов вручную.

Алгоритм работы модуля начинается с загрузки модели и задания параметров оптимизации, после чего запускается анализ методом конечных элементов (FEM) с использованием решателя CalculiX. В процессе итераций элементы с низкой нагрузкой удаляются, а перегруженные элементы могут быть усилены. Процесс продолжается до достижения заданного критерия остановки, например, по массе или прочности.

Результаты и анализ применения модуля

После завершения разработки и интеграции модуля топологической оптимизации для FreeCAD был проведён ряд тестов на примерах конструкций, применяемых в БПЛА. Основной задачей этих тестов было оценить эффективность алгоритма BESO и определить, насколько модуль помогает уменьшить массу конструкции при сохранении необходимых прочностных характеристик.

Так, одним из тестируемых объектов стал каркас квадрокоптера. Оптимизация проводилась с учётом нагрузки, создаваемой во время полёта. Результаты показали, что масса каркаса была снижена на 20% при сохранении исходной жёсткости и прочности. Это позволило увеличить длительность полёта и повысить энергоэффективность устройства.

Анализ результатов показал, что применение метода BESO в рамках модуля позволяет достичь значительного сокращения массы конструкции без ущерба для её прочностных характеристик. Визуализация результатов с помощью встроенного интерфейса FreeCAD облегчила интерпретацию полученных данных и помогла оценить распределение материала после оптимизации.

Заключение

Разработка и интеграция модуля топологической оптимизации для FreeCAD продемонстрировали высокую эффективность применения метода BESO для создания оптимизированных конструкций. Модуль позволил автоматизировать процесс оптимизации, что упростило проектирование и сделало его более доступным для инженеров, работающих с компонентами БПЛА и других сложных систем

Основные выводы

- 1) Применение алгоритма BESO обеспечило значительное сокращение массы тестируемых конструкций (на 15-25%) при сохранении их прочностных характеристик, что подтверждает высокую эффективность выбранного метода.
- 2) Модуль был успешно интегрирован в среду FreeCAD, предоставив пользователям интуитивно понятный интерфейс для задания параметров оптимизации и визуализации результатов
- 3) Использование решателя CalculiX и возможностей метода конечных элементов (FEM) обеспечило точные расчёты и надёжную проверку полученных конструкций на соответствие нагрузочным требованиям

Перспективы развития модуля включают добавление новых алгоритмов оптимизации и улучшение существующих инструментов для обработки результатов. Также возможна адаптация модуля для работы с GPU, что позволит значительно увеличить скорость вычислений и обработку больших моделей.

Таким образом, интеграция топологической оптимизации в FreeCAD открывает новые возможности для эффективного проектирования и прототипирования компонентов, особенно в таких динамично развивающихся областях, как аэрокосмическая промышленность и аддитивные технологии.

Список литературы

1. Башин К. А., Торсунов Р. А., Семенов С. В. Методы топологической оптимизации конструкций, применяющиеся в аэрокосмической отрасли // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. – 2017. № 51. – С. 51-61. – Текст: непосредственный.
2. Владыкин Д. А. Методы топологической оптимизации при проектировании строительных конструкций // Молодые исследователи - регионам: материалы Международной научной конференции. Вологда: 2023. – С. 266-267. – Текст: непосредственный.
3. Кривова А. В. Применение методов топологической оптимизации в области аддитивных технологий // Безопасность в техносфере: труды XVI Международной научно-практической конференции – Ижевск: ФГБОУ ВО Удмуртский государственный университет, 2023. – Вып. 16. – С. 124-131.
4. Мягков Л. Л., Чирский С. П. Реализация топологической оптимизации методом BESO в среде ANSYS APDL и ее применение для оптимизации формы шатуна тепловозного дизеля // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2018. – № 11. – С. 38-48. – Текст: непосредственный.
5. Шемякин И. А., Москалев Г. И., Мачихо Т. А., Буткевич В. Г. Анализ основных ошибок, возникающих при топологической оптимизации // Тезисы докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. 2022. С. 141-142. – Текст: непосредственный.
6. FreeCAD Documentation. FEM Workbench. – URL: https://www.freecadweb.org/wiki/FEM_Workbench. (дата обращения: 20.05.2024). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

**INTEGRATION OF TOPOLOGICAL OPTIMIZATION
IN FREECAD: DEVELOPMENT AND APPLICATION
OF A MODULE FOR UAV COMPONENTS**

A.V. Krivova

Udmurt State University, Izhevsk, Russia

e-mail: *krivovaav@mail.ru*

This article presents the development and application of a topological optimization module in the FreeCAD environment using the BESO method for designing components of unmanned aerial vehicles (UAVs).

Keywords: topological optimization, FreeCAD; BESO, additive technologies, UAVs.

УДК 621.3

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА РАСПОЛОЖЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Д.И. Владыкин

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск, Россия
e-mail: dima.vladykin.04@mail.ru

И.Р. Владыкин

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия
e-mail: aer-ivan@mail.ru

В статье приведен анализ безопасной работы система автоматического управления электропривода расположения солнечных элементов шаговым двигателем. Это позволит сэкономить электроэнергию на незначительную сумму, но учитывая, что площадь панели можно будет увеличить можно сделать заключение о экономической эффективности.

Ключевые слова: Электропривод, солнечный элемент, дифференциальное расположение, микроконтроллер, система управления

Введение

Залогом интенсивного развития цивилизации является производство энергии для хозяйственной деятельности. В настоящее время актуальным становится необходимость в получении чистой энергии. Например, использование солнечной энергии для подсветки и работы мультимедийного оборудования и слаботочных приборов.

Анализ научных трудов, посвященных производству чистой энергии показал, что в регионах, относящихся к световой зоне естественного солнечного излучения, где продолжительность солнечного сияния более 1700 часов в год, наиболее эффективно использовать солнечные батареи, расположенные под наиболее эффективным углом к солнцу. Известно, что в течении светового дня в разных регионах угол солнца изменяется.

Материалы и методика

Научные труды, посвященные разработке технических устройств для дифференцированного расположения солнечных батарей в соответствии с углом солнцестояния опубликованы в научных изданиях. Из всего спектра подобного рода работ можно выделить: труды по применению и управлению шаговыми двигателями.

Если принцип работы шагового двигателя, на основе электромагнита начало применения которых было в тридцатых годах XIX века, до сегодняшнего дня не сильно изменился, то развитие систем управления этим технологическим процессом происходит непрерывно.

Таким образом, широкими возможностями для этого обладает реализация системы управления на основе цифровых устройств промышленной электроники под программным кодом управления, написанным в специализированной среде программирования. Микроконтроллеры для выполнения задачи управления работы шаговым двигателем имеют не высокую стоимость, а среда программирования доступна в открытом доступе.

Теоретическая основа целесообразности поиска эффективного расположения солнечных панелей в зависимости от угла солнцестояния кроется в естественных процессах, которые мы можем наблюдать в природе. Например, если в течение дня наблюдать за расположением цветов и листьев растений, то можно заметить, что они располагаются перпендикулярно углу солнцестояния. Ученые агрономы это объясняют тем, что так они больше получают дозу фотосинтетической радиации. В трудах ученых [1, 2] доказано положительное влияние облучения в агротехнологических процессах. Так, применение облучения рассады огурца позволяет повысить продуктивность на 8...10%. Этот эффект объясняют сигнальной функцией белковых соединений в растениях. В растениях происходит взаимодействие электромагнитного излучения определенного спектра, в том числе и видимого излучения, и белковых соединений, которые сигнализируют о благоприятных внешних условиях. Это вызывает интенсивный рост растений и завязи цветов, которые в дальнейшем естественным образом преобразуются в плоды.

Для определения эффективного угла расположения растений предполагается, что все биологические объекты на Земле эволюционировали под воздействием солнечного спектра в дозах, зависящих от кли-

матических особенностей. На основе эволюционной теории академик Н.И. Вавилов в начале XX века выдвинул гипотезу о существовании доминантных ареалов культурных растений. В виду того, что при формировании урожайности культур доминирующим фактором параметров микроклимата является доза спектральных составляющих зоны фотосинтетически активной радиации (ФАР), целесообразно провести анализ дозы спектральных составляющих зоны ФАР солнечного излучения. На основании полученных результатов возможно выдвинуть гипотезу, что дифференциация угла расположения солнечных элементов подобно листу растения позволит получить больше энергии. Следовательно, разработка математической модели движения солнца по небосклону и написание по ней кода для цифровых устройств промышленной электроники в составе систем управления электроприводом шаговых двигателей, изменяющих расположение солнечных панелей весьма актуально.

Исследование

В свою очередь, алгоритмы для определения расположения солнца на небосклоне давно написаны и их можно найти в свободном доступе [4]. Но все они не учитывают управление электропривода шаговыми двигателями. Считаем это значительным упущением, которое необходимо устранить.

Планирование эксперимента позволит нам определить насколько будет эффективна выработка энергии солнечным элементом с системой автоматического управления электроприводом шаговым двигателем по сравнению со стационарным расположением солнечного элемента.

Условие эксперимента:

- 1) Измерения микро ЭДС солнечного элемента типа SL55X55-150 проводились нами в естественной природе, в координатах $56^{\circ}51'11''$ северной широты и $53^{\circ}12'44''$ восточной долготы.
- 2) В качестве базового варианта было выбрано стационарное горизонтальное расположение солнечного элемента. За исследуемый вариант принято дифференциальное расположение солнечного элемента с системой автоматического управления электропривода шаговым двигателем.
- 3) Исследования проводились в ясные солнечные дни 15.09.2024 с 14:30 до 18:00 и 16.09.2024 с 6:30 до 14:30 часов. При этом интенсивность солнечного излучения составляла 48 – 51 клк.

- 4) Показания микро ЭДС были получены с помощью контроллера Arduino Uno, выполненного на базе процессора ATmega328P с чипом связи Mega 16U2.
- 5) Данные эксперимента были занесены с контроллера на ноутбук с помощью USB порта.

Фотофакт проведения экспериментов представлен на рисунке 1.

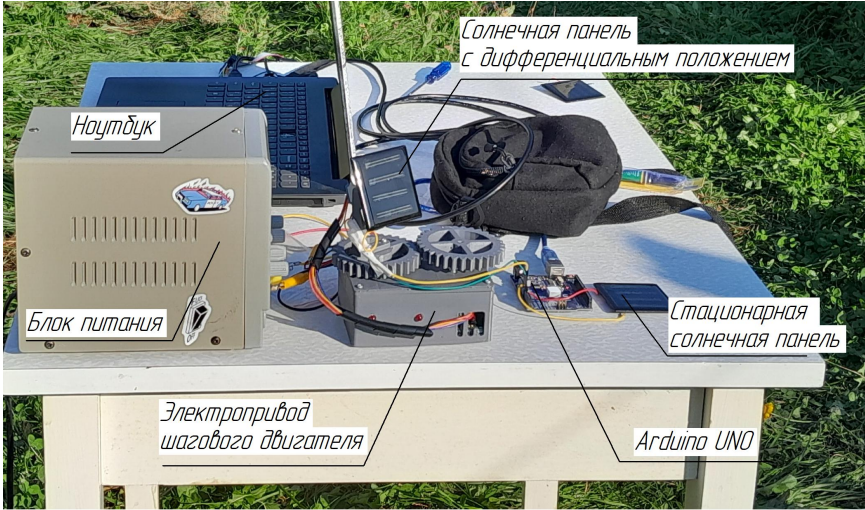


Рисунок 1 — Фотофакт проведения экспериментов

В результате экспериментов, были получены данные представленные на рисунке 2.

Анализ рисунка 2 позволяет сделать следующие выводы:

- 1) Утром с 6 до 14:30 ЭДС генерируемая солнечными батареями, расположенными стационарно на горизонтальной поверхности по отношению к углу солнцестояния (красная линия) по сравнению с панелями, имеющими угол наклона которых адаптируется по отношению к положению солнца на небосводе (синие маркеры) находится в пределах стандартных погрешностей $\pm 5\%$. Следовательно, в этот временной отрезок применение устройства с изменяющимся углом расположения солнечных панелей считаем не целесообразным.

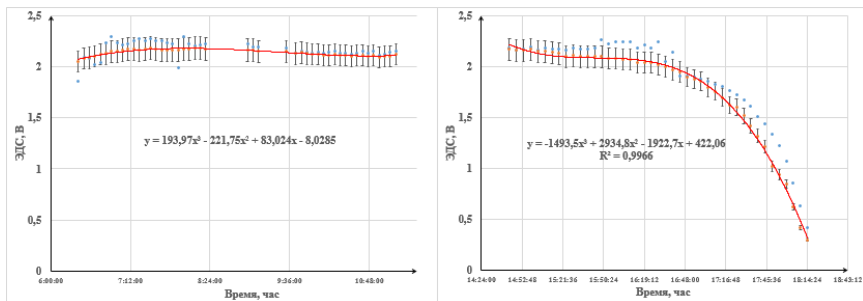


Рисунок 2 — Результаты экспериментальных данных

- 2) А во временной отрезок с 15:30 до захода солнца ЭДС, полученное от солнечных панелей угол которых регулируется системой автоматического управления электропривода шаговым двигателем, превышает ЭДС от солнечных панелей, расположенных стационарно на горизонтальной поверхности в среднем на 9,2%.
- 3) Результаты экспериментов позволяют сделать заключение, что применение системы автоматического управления электропривода расположения солнечных элементов шаговым двигателем весьма эффективно во второй половине солнечного дня в умеренных широтах на территории России.

Техническая реализация

На основании выводов по экспериментальным данным, предлагаем систему автоматического управления электропривода расположения солнечных элементов шаговым двигателем реализовать следующим образом. В роли управляющего элемента возьмем микроконтроллер Atmega16 от фирмы Microchip Technology (рисунок 3 а). Аналогово-цифровой преобразователь для учета данных, полученных от разных видов солнечных панелей, был реализован микросхемой Arduino UNO, выполненного на базе процессора ATmega328p с чипом связи Mega 16U2 (рисунок 3 б). В качестве драйверов для шаговых двигателей предлагаем использовать микросхему марки ULN2003 (рисунок 3 в).

Как и любой другой набор элементов реализация системы управления на шаговом двигателе требует создания электрической прин-

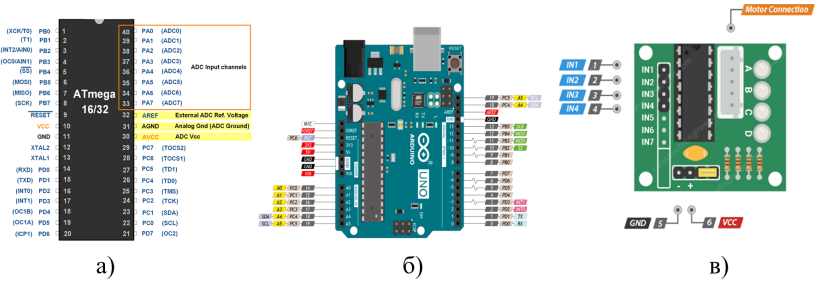


Рисунок 3 — Элементы системы автоматического управления электропривода шаговым двигателем

ципальной схемы. Фотография готового блока системы управления представлена на рисунке 4 а.

Принцип работы представленный на рисунке 4 б электрической принципиальной схеме следующий. Код программы изменяющий положение солнца на небосводе записан в элемент Atmega16. В течении времени в соответствии с этим кодом, выдается управляющий сигнал на микросхему ULN2003 №1 изменяющую положение солнца по азимуту, а на второй элемент ULN2003 №2 сигнал, изменяющий положение панели по высоте.

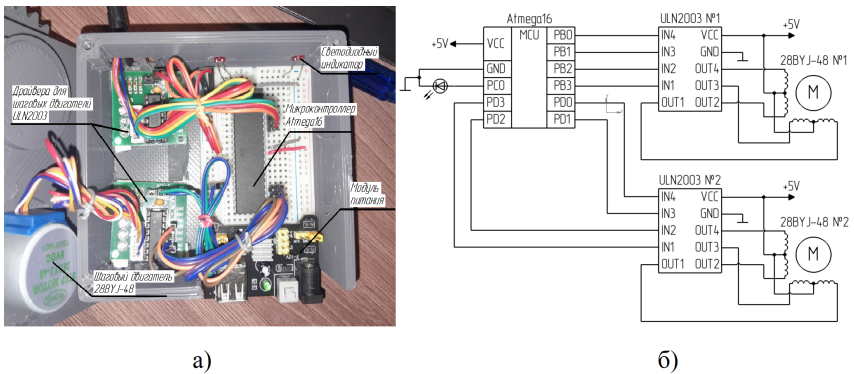


Рисунок 4 — Электрическая схема внутренних соединений в системе управления

Код программы написан на языке Си, который часто используется для программирования микроконтроллеров марки Atmega. Код программы был написан на компьютере и загружался в Atmega16 через USB port.

Технико-экономическое обоснования целесообразности применения системы автоматического управления электропривода расположения солнечных элементов шаговым двигателем было проведено по методике, представленной в [2]. Результаты расчета экономической эффективности сведены в таблицу 1 и приведены для экспериментальной солнечной панели площадью 550мм² из расчета работы установки 12 часов в сутки в течении 6 месяцев.

Таблица 1 — Результаты технико-экономического расчёта.

№ п/п	Показатель	Вариант	
		Базовый	Проектируемый
1	Капитальные вложения, руб.	700	1321
2	Эксплуатационные затраты, руб.	20,28	20,28
3	Генерируемая энергия, кВт	55	60
4	Стоимость генерируемой энергии, руб.	254,65	277,80
5	Доход, руб.		23,15

Анализ таблицы 1 показывает, что применение системы автоматического управления электропривода расположения солнечных элементов шаговым двигателем позволит сэкономить электроэнергию на незначительную сумму, но учитывая, что площадь панели можно будет увеличить можно сделать заключение о экономической эффективности, предлагаемой нами разработки.

Заключение

Проведя анализ эффективности и экономической целесообразности система автоматического управления электропривода расположения солнечных элементов шаговым двигателем, определили, что применение системы автоматического управления электропривода расположения солнечных элементов шаговым двигателем весьма эффективно во второй половине солнечного дня в умеренных широтах на территории России, а также, что применение данной технологии позволит сэкономить электроэнергию на незначительную сумму, но учитывая, что площадь панели можно будет увеличить можно сделать заключение о экономической эффективности, предлагаемой нами разработки.

Список литературы

1. Ovchukova, S.A. Energy saving in lighting technologies of agricultural production / N.P. Kondratieva, O.Y. Kovalenko // *Light & Engineering*. 2021. Т. 29. № 2. Р. 21-25.
2. Владыкин, И.Р. Обоснование комплексного применения электро-технологий для повышения продуктивности огурца в сооружениях защищенного грунта / Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, Москва, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2019. – 185с.
3. Зайцев, Г.Н. Методика биометрических расчетов / Г.Н. Зайцев // – М.: Наука, - 1973. с. 255.
4. Пол Шлитер. Вычисление положений планет — руководство с практическими примерами [Электронный ресурс] // Швеция. Стокгольм [Сайт]. – URL: <https://stjarnhimlen.se/comp/tutorial.html#5> (дата обращения: 22.07.2024).

INCREASING THE SAFETY AND RELIABILITY OF
OPERATION OF AN ELECTRIC DRIVE FOR
POSITIONING SOLAR CELLS WITH A STEPPER MOTOR

D.I. Vladykin

Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov,
Izhevsk, Russia

e-mail: *dim.vladykin.04@mail.ru*

I.R. Vladykin

Udmurt State University, Izhevsk, Russia

e-mail: *aep-ivan@mail.ru*

The article provides an analysis of the safe operation of the automatic control system for the electric drive of the arrangement of solar cells with a stepper motor. This will save electricity by a small amount, but given that the panel area can be increased, we can draw a conclusion about economic efficiency.

Keywords: Electric drive, solar cell, differential arrangement, microcontroller, control system.

УДК 004.896

СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ РАЗВИТИЯ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ

М.А. Туленков

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия
e-mail: *tulenkovm03@bk.ru*

В статье рассматривается разработка мобильного приложения, которое предоставляет пользователям возможность получить информацию о своих питомцах с помощью нейронной сети для распознавания животных по фотографии. Обсуждаются особенности нейронной сети, обученной на большом наборе изображений, что позволяет пользователю получать детальную информацию о поведении и уходе за питомцами. Также рассматриваются функциональные возможности приложения, включая рекомендации по кормлению на основе роста и веса, отслеживание развития питомца с графическим представлением данных и поиск ближайших ветеринарных клиник. Подчёркивается значимость нейронных сетей в повышении точности распознавания и предоставлении актуальной информации.

Ключевые слова: мобильное приложение, нейронная сеть, распознавание животных, уход за питомцами, отслеживание развития, точность распознавания, фотографии.

Введение

В последнее время нейронные сети прочно вошли в нашу жизнь, изменив подходы к обработке информации и решению сложных задач. Одной из таких задач, которая становится все более актуальной, является уход за домашними животными. В условиях быстрого ритма жизни и растущего количества питомцев, владельцам животных всё чаще требуется оперативная и точная информация о здоровье и поведении своих любимцев. В данной статье представлена разработка мобильного приложения, которое использует нейронную сеть для распознавания домашних животных по фотографии и предоставления пользователям ценной информации о видах, породах, особенностях поведения и ухода.

Распознавание животных с помощью нейронных сетей

Основы нейронных сетей для распознавания образов

Нейронные сети — это мощный алгоритм машинного обучения, способные обучаться на больших объёмах данных и решать сложные задачи, такие как распознавание образов. В основе работы нейронных сетей лежит имитация работы человеческого мозга, где множество взаимосвязанных узлов (нейронов) обрабатывают информацию и обучаются на примерах.

Структура нейронной сети

Нейронная сеть состоит из нескольких слоев:

- **Входной слой:** Принимает исходные данные, то есть изображения
- **Скрытые слои:** Обрабатывают информацию, выделяя ключевые признаки
- **Выходной слой:** Предоставляет результат — классификацию изображения

Тип нейронной сети

Для задачи распознавания животных используем свёрточные нейронные сети, так как они особенно эффективны для обработки изображений [1]. Они используют свёрточные слои для выделения признаков на изображении. (рис. 1)

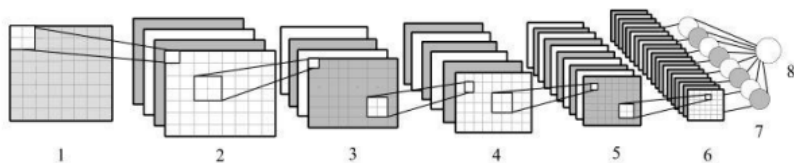


Рисунок 1 — Архитектура свёрточной нейронной сети; 1 — вход, 2,4,6 — свёрточные слои, 3, 5 — подвыборочные слои, 7 — слои из обычных нейронов, 8 - выход

Обучение нейронной сети

Обучение нейронных сетей – это итеративный процесс (включает повторение определённых шагов пока не достигнут желаемого результата.), направленный на настройку весов связей между нейронами для минимизации ошибки предсказания. Основным алгоритмом в этом процессе является метод обратного распространения ошибки [2].

Процесс проходит в несколько этапов:

1) Инициализация весов.

На первом этапе обучения веса связей между нейронами инициализируются случайными значениями. Это важно, так как неправильная инициализация может привести к замедлению обучения или даже к невозможности обучения. Обычно используются методы, такие как инициализация весов по нормальному распределению или по методу Xavier/Glorot. Несмотря на то, что нормальное распределение проще в реализации и понимании, мы будем использовать метод Xavier/Glorot, так как обеспечивает более оптимальное начальное распределение весов и помогает избежать проблем с градиентами. Основная концепция этого метода заключается в упрощении прохождения сигнала через слой нейронов как во время прямого распространения ошибки (от входов к выходам), так и при обратном (от выходов к входам). Этот подход также эффективно работает с сигмоидной функцией (1). Она имеет S-образную форму, которая плавно переходит от 0 к 1. Но в центральной части, где x находится вблизи нуля, сигмоидная функция ведёт себя почти линейно (рис. 2).

$$f_{sigmoid}(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (1)$$

У сигмоидной функции активации те же преимущества, что и у линейной функции, но при этом она является гладкой и бесконечно дифференцируемой. В отличие от линейной функции, сигмоида не возвращает сама себя при суперпозиции, что позволяет строить многослойные нейронные сети с нарастающей сложностью. Значит повышает способность нейронной сети к обучению.

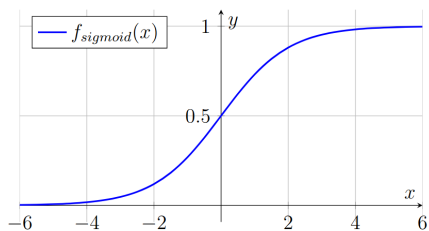


Рисунок 2 — График сигмоидной функции.

2) Прямой проход (Forward pass).

На этом этапе входные данные проходят через все слои нейронной сети от входного слоя к выходному (рис. 3). На каждом слое вычисляется взвешенная сумма входных данных, к которой потом применяется функция активации. Результат этого вычисления передается на следующий слой. В конце прямого прохода на выходном слое получается результат предсказания сети [3].



Рисунок 3 — Прямой проход (Forward pass)

3) Вычисление ошибки.

После прямого прохода вычисляется ошибка предсказания, которая определяется как разница между полученным результатом и ожидаемым значением. Поэтому для вычисления ошибки предсказания наиболее подходящей функцией потерь будет

кросс-энтропийная функция потерь (Cross-Entropy Loss). В отличие от других функций потерь, кросс-энтропия обеспечивает более плавные градиенты, что помогает в более стабильном обучении нейронных сетей. Она измеряет расстояние между распределением вероятностей предсказанных классов и истинным распределением классов.

Для бинарной классификации формула выглядит так:

$$L = -(y \log(p) + (1 - y) \log(1 - p)) \quad (2)$$

Где: y — истинная метка (0 или 1), p — предсказанная вероятность принадлежности к классу 1.

Для многоклассовой классификации формула обобщается так:

$$L = - \sum_{i=1}^C y_i \log(p_i) \quad (3)$$

Где: C — количество классов, y_i — истинная метка для класса i (0 или 1), p_i — предсказанная вероятность принадлежности к классу i .

4) Обратный проход.

На этапе обратного прохода ошибка распространяется обратно через сеть от выходного слоя к входному. Этот процесс называется обратным распространением ошибки. На каждом слое вычисляются градиенты ошибки по отношению к весам связей. Эти связи показывают, как изменение весов повлияет на общую ошибку сети.

5) Обновление весов.

После вычисления градиентов веса связей обновляются для минимизации ошибки. Для этого используются оптимизаторы. Они определяют насколько сильно нужно изменить веса на основе вычисленных градиентов. Обновление весов происходит на каждом шаге обучения. Для данной работы будем использовать Adam (Adaptive Moment Estimation), так как у него быстрая сходимость, он хорошо работает с большими наборами данных и глубокими сетями.

Преимущества использования нейронной сети

1) **Высокая точность.**

Нейронная сеть способна обучаться на больших объёмах данных и выделить сложные и эффективные решения, следовательно, приводит к высокой точности в решении задач. Например, нейронная сеть сможет различать между собой множество пород собак, даже если они внешне очень похожи. Это позволит пользователям получать точную информацию о своих питомцах.

2) **Автоматическое выделение признаков.**

В отличие от традиционных методов, где необходимо вручную выбирать и извлекать признаки, нейронная сеть сможет автоматически выделять ключевые признаки на изображениях. Например, при распознавании фотографий домашних животных, нейронные сети могут автоматически выделять такие признаки, как форма морды, окрас, уши и т. д., которые важны для определения вида и породы. Это избавляет от необходимости вручную создавать сложные наборы признаков, что позволяет упростить процесс разработки модели.

Процесс подготовки данных для нейронной сети в мобильном приложении.

Для разработки мобильного приложения, которое распознает домашних животных и предоставляет информацию о них, будет проведён комплексный процесс подготовки. Он включает себя сбор, разметку и разделение данных.

Сбор данных.

Для начала необходим сбор большого набора изображений, включающего тысячи фотографий различных животных. Данные будем брать из этой обширной базы данных: <https://github.com/awesomedata/awesome-public-datasets>. Очень важно обеспечить разнообразие в изображениях, чтобы нейронная сеть могла обучиться на широком спектре внешностей и положений животных.

Разметка данных.

После сбора данных, каждое изображение необходимо разметить с указанием вида и породы животного. Это важно, так как точность разметки напрямую влияет на точность обучения нейронной сети.

Разметку будем выполнять вручную, проверяя каждое изображение и указывая правильные метки.

Разделение данных.

После разметки данные должны быть разделены на три выборки: Обучающую, валидационную и тестовую.

- **Обучающая выборка:** Это выборка используется для непосредственного обучения нейронной сети. Она содержит большую часть данных (обычно около 70-80%) и позволяет модели научиться распознавать различные виды и породы животных.
- **Валидационная выборка:** Эта выборка используется для настройки гиперпараметров модели и оценки её производительности в процессе обучения. Она содержит около 10-15% данных и позволяет контролировать процесс обучения, тем самым предотвращая переобучение.
- **Тестовая выборка:** Эта выборка используется для окончательной оценки производительности модели после завершения обучения. Она содержит около 10-15% данных и позволяет получить объективную оценку точности модели на данных, которые она никогда не видела.

Оценка точности.

Для задачи распознавания домашних животных была выбрана архитектура Convolutional Neural Network (CNN), которая включает свёрточные слои, слои подвыборки и полносвязанные слои. Эта архитектура была выбрана по нескольким причинам:

1) Локальная инвариантность.

Свёрточные слои способны выделять локальные признаки, которые постоянны к перемещениям и поворотам объектов на изображении. Они работают с помощью ядер (фильтров), которые проходят по изображению и выделяют различные паттерны, например, края, текстуры и т. д. А также свёрточные слои более эффективны по сравнению с полносвязными слоями в плане использования ресурсов, так как используют параметры фильтров.

2) Пулинг слои.

Пулинг слои (рис. 4) уменьшают размерность данных, сохраняя важные признаки, что позволяет ускорить обучение, уменьшить риск переобучения и позволяет поделить сосредоточиться на более значимых деталях [5].

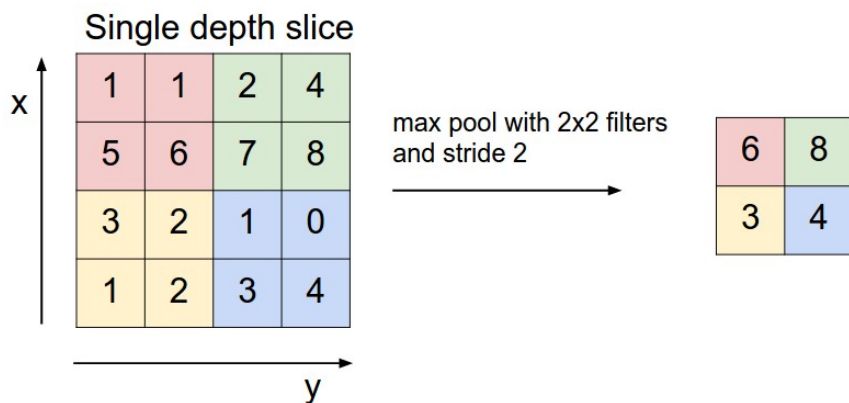


Рисунок 4 — Пример операции пулинга с функцией максимума.

3) Полносвязные слои.

Полносвязные слои (или плотные слои) используются для обработки модели выделенных признаков и выполнения классификации. Они принимают выходные данные из предыдущих слоев и преобразуют их в вероятности принадлежности к классам, что делает архитектуру CNN гибкой и универсальной.

После обучения сеть будет протестирована на тестовой выборке. Планируется, что точность распознавания составит около 95%, что означает высокую эффективность сети.

Интеграция базы знаний.

Для обеспечения пользователя детальной информацией о поведении и уходе за домашними животными, планируется интегрировать базу знаний, которая будет включать следующую информацию:

1) Информация о поведении:

Этот раздел будет содержать особенности поведения, характер, потребности в физической активности питомца. Например, для породы бордер-колли будет указано, что это высокоэнергичная порода, которая требует большого количества физических упражнений.

2) Рекомендации по уходу:

В этом разделе будут предоставляться рекомендации по кормлению, уходу и профилактике заболеваний.

Интерактивный интерфейс.

Для удобства пользователей планируется разработать простой и интуитивно понятный интерфейс, в котором будет поиск и фильтрация. Пользователь сможет использовать данные функции для быстрого нахождения информации по конкретным породам.

Преимущества приложения.

1) Адаптация под пользователя:

Информация будет адаптироваться под конкретного пользователя, учитывая его опыт, условия содержания и предпочтения. Например, если пользователь является новичком в уходе за животными, приложение будет предоставлять более подробные и простые рекомендации.

2) Обновление базы данных:

База данных будет постоянно обновляться, чтобы предоставлять актуальную информацию. Это включает в себя новых пород, обновление рекомендаций по уходу.

3) Мобильность и доступность:

Приложение будет доступно на мобильных устройствах, что позволит пользователям получить информацию о питомцах в любое время и в любом месте. А также, приложение можно будет установить на большинстве современных смартфонов, что сделает его доступным для многих людей.

4) Аналитика здоровья и статистика развития:

Отслеживание и анализ данных о здоровье питомца, например, вес, активность или сон, что поможет пользователям контролировать состояние своего животного, а врачам помогать

ставить диагнозы, основываясь на этих данных. Статистика развития будет в виде графиков и диаграмм, показывающие развитие питомца с течением времени, что помогает пользователям увидеть прогресс и корректировать уход при необходимости.

Заключение

В данной статье был рассмотрен процесс разработки мобильного приложения, которое позволяет пользователям по фотографии домашних животных получать информацию о видах, породах, особенностях поведения и ухода. Приложение также предоставляет возможность узнать подробнее о конкретном животном, исходя из его роста и веса, а также отслеживать развитие питомца с помощью графика и получать рекомендации. В качестве дополнительной функции предусмотрена карта ближайших ветеринарных клиник. Важно отметить, что в статье было уделено значительное внимание архитектуре и обучению нейронной сети, которая является ключевым компонентом приложения. Однако, не менее важным аспектом является разработка пользовательского интерфейса и функциональности приложения, которые обеспечивают удобство и эффективность использования. В будущем планируется реализовать все описанные функции, чтобы обеспечить пользователям высококачественный инструмент для ухода за своими питомцами. Таким образом, разработка данного мобильного приложения открывает новые возможности для улучшения жизни домашних животных.

Список литературы

1. Ученые записки Брянского государственного университета 2019, “Архитектура свёрточных нейронных сетей” Д.А. Маршалко, О.В. Кубанских – URL: <https://scim-brgu.ru/wp-content/arhiv/UZ-2019-N4.pdf> (дата обращения 26.10.2024).– Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
2. Искусственные нейронные сети и их приложения Ф.М.Гафаров, А.Ф.Галимянов – URL: https://kpfu.ru/staff_files/F1493580427/NejronGafGal.pdf (дата обращения 26.10.2024).– Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
3. Инициализация параметров глубокой сети – URL: <https://education.yandex.ru/handbook/ml/article/tonkosti-obucheniya> (дата обращения 26.10.2024).– Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Основные понятия глубинного обучения. Базовые слои и функции активации – URL: <https://education.yandex.ru/handbook/ml/article/pervoe-znakomstvo-s-polnosvyaznymi-nejrosetyami> (дата обращения 26.10.2024).– Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
5. Сверточные нейронные сети – URL: <https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php> (дата обращения 26.10.2024).– Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

Data mining and forecasting system using the example of domestic animal development

M.A. Tulenkov

Udmurt State University, Izhevsk, Russia

e-mail: *tulenkovm03@bk.ru*

The paper deals with the development of a mobile application that provides users with the opportunity to get information about their pets using a neural network for recognizing animals from photos. The features of the neural network trained on a large set of images are discussed, which allows the user to obtain detailed information about the behavior and care of pets. The application's functionality is also discussed, including feeding recommendations based on height and weight, tracking pet development with graphical representation of data, and searching for nearby veterinary clinics. The importance of neural networks in improving recognition accuracy and providing up-to-date information is emphasized.

Keywords: mobile application, neural network, animal recognition, pet care, developmental tracking, recognition accuracy, photos.

УДК 699.86

ОБЗОР МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ

М.Д. Леменков, С.В. Шархун

ФГБОУ ВО «Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России», г. Екатеринбург, Россия
e-mail: *lemenkov@internet.ru, s_sharhun@mail.ru*

Статья описывает различные методологии и методы, используемые для контроля строительных материалов, включая физические, химические и механические испытания. В статье анализируются критерии классификации горючих материалов, применяемых в современном строительстве, по показателям пожарной опасности. Обсуждаются методы проведения испытаний на определение горючести, дымообразования, токсичности, распространения огня и воспламеняемости. Особое внимание уделяется последним достижениям в области контроля строительных материалов, таким как использование новых технологий и материалов, а также разработка более точных и надёжных методов испытаний. Результаты исследования имеют важное значение для строительной отрасли, поскольку они позволяют повысить качество и безопасность строительства, снизить затраты на ремонт и эксплуатацию зданий, а также обеспечить соответствие строительным нормам и стандартам.

Ключевые слова: фасадные системы, тепловой поток, испытания на горючесть.

Введение

Контроль показателей строительных материалов включает в себя проверку их физико-механических свойств, химического состава, экологической безопасности и других характеристик. Современные подходы к контролю можно разделить на несколько групп:

- 1) Визуальный осмотр и измерение размеров. Этот метод является наиболее простым и доступным, но он не позволяет получить полную информацию о качестве материала.
- 2) Лабораторные испытания. Они проводятся в специализированных лабораториях и позволяют получить точные данные

- о свойствах материала. Однако этот метод требует значительных затрат времени и ресурсов.
- 3) **Неразрушающий контроль.** Он основан на использовании различных физических методов для определения характеристик материала без его повреждения. Неразрушающий контроль является более эффективным и экономичным по сравнению с лабораторными испытаниями.
 - 4) **Автоматизированный контроль.** Это новый подход, который предполагает использование датчиков, сенсоров и других устройств для непрерывного мониторинга состояния материала в процессе строительства. Автоматизированный контроль позволяет оперативно реагировать на изменения в характеристиках материала и предотвращать возможные проблемы.

Каждый из этих подходов имеет свои преимущества и ограничения. Визуальный осмотр и лабораторные испытания обеспечивают высокую точность результатов, но они требуют больших затрат времени и средств. Неразрушающий контроль более экономичен, но его результаты могут быть менее точными. Автоматизированный контроль обладает высокой эффективностью, но требует значительных инвестиций в оборудование и программное обеспечение.

Основная часть

Исследования в области пожарной безопасности в строительной отрасли продолжают развиваться и совершенствоваться. Стандартизированные методы определения горючести материалов учитывают несколько факторов, включая воспламеняемость, горючесть, токсичность, поверхностное распространение пламени и дымообразование, как описано в [1]. Эти факторы определяются с помощью стандартных методов испытаний, описанных в [2]. Более подробное описание методов испытаний строительных материалов приведено на рисунке 1. Для определения группы горючести строительного материала необходимо провести ряд испытаний, которые позволят оценить его способность к горению. Экспериментальное определение группы горючести включает в себя измерение различных параметров, таких как потеря массы образца, время свободного горения, размер повреждения поверхности и др. Эти данные позволяют получить более полное представление о поведении материала при воздействии огня. Особое внимание уделяется измерению количества тепла, выделяемого

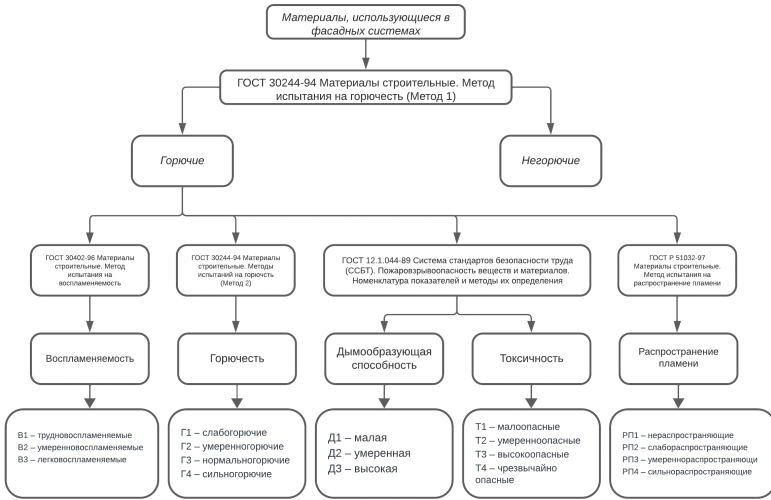


Рисунок 1 — Испытания материалов, используемых в фасадных системах

при горении, так как этот параметр является одним из ключевых для определения группы горючести. Также важно учитывать изменение температуры в испытательной камере и скорость распространения огня по образцу, что позволяет получить более точные результаты и сделать обоснованные выводы о группе горючести материала. Строительные материалы делятся на негорючие и горючие в зависимости от их параметров горючести. Эти параметры определяются методами, описанным в научной статье [1]. Если хотя бы одно из условий не выполняется, материал считается горючим. Классификация материалов по степени горючести основана на их свойствах и представлена в таблице 1. Для определения класса горючести материала используется метод II, описанный в работе [2]. В данном испытании образец материала подвергается воздействию пламени от газовой горелки в течении 10 минут.

Установка ОТМ позволяет оценить поведение материала в условиях, приближённых к реальному горению, о чем упоминалось в работе [2]. Это даёт возможность получить более точные результаты и сделать обоснованные выводы о горючести материала.

Таблица 1 — Показатели горючести материалов

Показатели горючести				
Группа горючести	Температура дымовых газов T , °C	Степень повреждения по длине SL , %	Степень повреждения по массе Sm , %	Продолжительность самостоятельного горения $t_{c.r}$
Г1	135	65	20	0
Г2	235	85	50	30
Г3	450	больше 85	50	300
Г4	больше 450	больше 85	больше 50	больше 300

На основе максимального увеличения температуры и потери массы материалы можно разделить на несколько классов. Однако стоит отметить, что классификация материалов по степени горючести может различаться в зависимости от страны и региона, а также от конкретных требований и норм пожарной безопасности. Ниже представлены категории материалов по горючести:

- слабогорючие при температуре не выше 50 градусов Цельсия и потере массы не более 20%;
- трудногорючие - < 60 °C или < 60 %;
- горючие - ≥ 60 °C или ≥ 60 %.

Метод испытаний, описанный в статье [3], позволяет определить характеристики воспламеняемости материалов. Воспламеняемость материалов характеризуется двумя факторами: критическим значением поверхностной плотности тепловой энергии (КППТЭ, которая является минимальной величиной плотности теплового потока, способной вызвать стабильное пламенное горение) и временем воспламенения. Оно используется для классификации материалов по степени воспламеняемости. Классификация материалов по воспламеняемости представлена в табл. 2.

Метод испытаний, указанный в статье [4], описывает способы классификации материалов по уровню распространения пламени.

Таблица 2 — Классификация материалов по воспламеняемости

Группа воспламеняемости материала	Название	КППТП, кВт/м ²
В1	трудновоспламеняемые	$\geq 35,0$
В2	умеренновоспламеняемые	$20,0 \leq X < 35,0$
В3	легковоспламеняемые	$X < 20,0$

Горючие строительные материалы делятся на четыре категории в зависимости от величины критической поверхностной плотности теплового потока: В зависимости от способности распространять пламя, горючие строительные материалы подразделяются на четыре категории (см. таблицу 3).

Таблица 3 — Классификация материалов по распространению пламени

Показатель распространения пламени	Наименование	КППТП, кВт/м ²
РП1	нераспространяющие пламя	$X \geq 11$
РП2	слабораспространяющие пламя	$8 \leq X < 11$
РП3	умереннораспространяющие пламя	$5 \leq X < 8$
РП4	сильнораспространяющие пламя	$X < 5$

Классификация материалов по дымообразованию осуществляется в соответствии с методом, описанным в работе [2]. Этот метод основан на измерении оптической плотности дыма, который образуется при горении или тлении определённого количества исследуемого материала в заданном объёме. Коэффициент дымообразования (D_{max} , м²/кг) — это показатель, характеризующий оптическую плотность дыма,

образующегося при горении, тлении или термическом окислении определённого количества твёрдого вещества (материала) в стандартных условиях испытаний. Данный коэффициент позволяет оценить способность материала образовывать дым при горении и определить его потенциальную опасность для людей и окружающей среды. По способности образовывать дым материалы подразделяются на три группы:

- Д1 - с низким дымообразованием ($D_{\max} \leq 50 \text{ м}^2/\text{кг}$);
- Д2 - со средним дымообразованием ($50 < D_{\max} < 500 \text{ м}^2/\text{кг}$);
- Д3 - с высоким дымообразованием ($D_{\max} > 500 \text{ м}^2/\text{кг}$).

Заключение

Современные приборы и испытательное оборудование сконструированы таким образом, что испытания могут проводиться только в соответствии с утвержденными методиками, подробно описанными в [1, 3-5]. Характеристики регистрирующих элементов не позволяют оценить степень воздействия теплового потока на утеплитель, расположенный в фасадной системе, тем самым ограничивая возможность оценки общей безопасности, надежности и эксплуатационной устойчивости всего объекта. В связи с этим, а также для повышения теплового комфорта зданий [6] необходима разработка нового метода оценки и устройства для контроля степени влияния теплового потока на теплоизолирующие строительные материалы фасадных систем с внешним штукатурным слоем.

Список литературы

1. Сулейманов, И.Р. Обзор пожарной опасности промышленных теплоизоляционных материалов / И.Р. Сулейманов // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2017. – №8. – С.91–94.
2. Трушкин, Д. В. Проблемы экспериментального определения горючести пенополистирола / Д.В. Трушкин // Пожаровзрывобезопасность. – 2005. – №4. – С.12–16.
3. Методы испытания воспламеняемости материалов / Р.Ш. Еналеев [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – №13. – С. 73–77.
4. Перова, А.И. Исследование токсической и пожарной опасности синтетических строительных материалов / А.И. Перова, А.В. Капранов, Е.Б. Аносова // Успехи в химии и химической технологии. – 2016. – №8 – С. 34–36.
5. Мамонтов, С.А. Тепловое старение пенопластов, применяемых в ограждающих конструкциях / С.А. Мамонтов, О.А. Киселева // Construction materials. – 2011. – №8. – С.60–61.
6. Zeynep Duygu Tekler, Yue Lei, Adrian Chong, «Data-efficient comfort modeling: Active transfer learning for predicting personal thermal comfort using limited data», Energy and Buildings, Vol. 319, 15 September 2024, 114507.

OVERVIEW OF INSPECTION METHODS FOR MODERN FAÇADE SYSTEMS

M.D. Lemenkov, S.V. Sharkhun

Ural State Fire Service Institute of Emergency Ministry of Russia,
Ekaterinburg, Russia

e-mail: : *lemenkov@internet.ru, s_sharhun@mail.ru*

The article describes various methodologies and techniques used to control building materials, including physical, chemical and mechanical testing. The article analyzes the criteria for classifying combustible materials used in modern construction according to fire hazard. The methods of testing for combustibility, smoke formation, toxicity, fire spread and flammability are discussed. Particular attention is paid to recent advances in the control of construction materials, such as the use of new technologies and materials, as well as the development of more accurate and reliable test methods. The results of the research are important for the construction industry, as they help to improve the quality and safety of construction, reduce the cost of repairing and operating buildings, and ensure compliance with building codes and standards.

Keywords: facade systems, heat flow, combustibility tests.

УДК 614.8.084

РОЛЬ ДОБРОВОЛЬНЫХ ПОЖАРНЫХ ОБЪЕДИНЕНИЙ В ПРОФИЛАКТИКЕ И ТУШЕНИИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Е.А. Кашапова, Е.В. Муравьева

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Россия
e-mail: kozyreva_ea88@mail.ru, eiena-kzn@mail.ru

В статье рассматривается исторический опыт развития пожарной охраны России, развитие добровольных пожарных объединений, их участие в профилактике и тушении пожаров. Проведен анализ нормативно - правовых актов, регулирующих деятельность всех пожарных формирований при тушении лесных пожаров. Участие добровольных пожарных объединений при тушении пожаров. Определена проблема отсутствия средств защиты органов дыхания и зрения у личного состава, принимающих непосредственное участие в тушении лесных пожаров. Анализируются средства защиты органов дыхания и зрения. Предложены способы решения проблем.

Ключевые слова: пожар, лесной пожар, профилактика пожаров, тушение пожаров, пожарная охрана, добровольные пожарные объединения, средства защиты органов дыхания и зрения.

Введение

Пожарная охрана относится к числу старейших государственных служб в России. Издревле пожары на Руси были одним из самых тяжких бедствий, а потому тушили их всем миром. К XV веку стали появляться указы московских князей о противопожарной безопасности.

Со времен образования Российского государства и до настоящего времени обеспечение пожарной безопасности являлось исключительно прерогативой государства, поскольку «безопасность с самого зарождения цивилизации выступает главной целью деятельности общества и государства». Пожарные добровольные организации получили распространение в России с середины XIX века. К 1890 году в России насчитывалось около 60 пожарных дружин.

К середине XIX века сложившаяся в Российской Империи система профессиональной пожарной охраны оказалась неспособной

успешно противостоять огненной стихии. Невозможность средствами госнадзора и полиции справиться с пожарами побудила центральную власть к созданию добровольных дружин пожарной охраны. Массовое участие простых граждан в тушении пожаров и распространение в стране взаимного страхования от огня способствовали возникновению добровольческого движения [1]. Добровольные пожарные дружины сыграли важнейшую роль в обеспечении пожарной безопасности сельских районов. От поколения к поколению российские добровольцы передают эстафету мужества, самоотверженности и преданности долгу, завоевав и сохраняя уважение и признание среди руководителей государства и простых граждан.

Согласно [2] установлены требования пожарной безопасности к селам и городам: расположение подразделений пожарной охраны определяется из условия, что время прибытия первого подразделения к месту пожара в городских поселениях и округах не должно превышать 10 минут, а в сельских поселениях – 20 минут. Для реализации этого требования необходимо разрабатывать комплексы мероприятий, направленные на снижение времени прибытия первого подразделения к месту пожара. Для этого главой субъекта и органами управления МЧС субъекта следует периодически проводить работу с органами местного самоуправления по созданию формирований муниципальной и добровольной пожарной охраны для прикрытия населенных пунктов, находящихся за пределами нормативного времени прибытия подразделений Федеральной противопожарной службы.

В наше время большую роль ДПД играют при тушении лесных и ландшафтных пожаров, вносят значительный вклад в борьбу с огнём, особенно в отдалённых населённых пунктах республики, которые находятся за пределами нормативного времени прибытия пожарно-спасательных подразделений. Зачастую добровольцы первыми прибывают к месту возгорания и удерживают распространение огня до прибытия профессиональных огнеборцев.

В Республике Марий Эл площадь лесного массива составляет половину всей территории, в пожароопасный сезон самой распространённой проблемой остается вероятность возникновения лесных пожаров. Основной причиной лесного пожара является деятельность человека, из-за несовершенства самодисциплины. Но, как мы знаем, пожар легче предупредить, чем потушить, в связи, с чем основные

усилия всех органов государственной власти должны быть направлены на предупреждение, профилактику лесных пожаров, особенно в особо охраняемых территориях: национальных парках, лесных массивах.

Согласно [3] основными задачами добровольной пожарной охраны в области пожарной безопасности являются:

- 1) осуществление профилактики пожаров;
- 2) спасение людей и имущества при пожарах, проведении аварийно-спасательных работ и оказание первой помощи пострадавшим;
- 3) участие в тушении пожаров и проведении аварийно - спасательных работ.

С целью повышения эффективности профилактики лесных пожаров, особенно на территориях национальных парков, в весенне-осенний период необходимо постоянно мониторить погодные условия и устанавливать класс пожарной опасности леса. Начиная с установления III класса и выше необходимо органам государственной власти и местного самоуправления, совместно с руководителями национальных парков, лесничеств проводить запретительные мероприятия по уменьшению или полному закрытию лесов для посещения людей. Такие указы, приказы, распоряжения об установлении особого противопожарного режима, об ограничении посещения лесов, о запрете посещения лесов регулярно издаются, но не всегда выполняются гражданами и не всегда контролируются соответствующими надзорными органами. Поэтому, соблюдая требования федеральных законов, предлагается задействовать в проведении любых профилактических мероприятий участников добровольных пожарных объединений. Представляется необходимым - установить более жесткие наказания за нарушения правил пожарной безопасности во время особого противопожарного режима в лесах и эффективно контролировать это.

Со стороны органов местного самоуправления в Республике для целей пожаротушения главами администраций муниципальных образований проведена большая работа по обеспечению сельских населенных пунктов первичными средствами пожаротушения. На сегодня из 1597 населенных пунктов, в которых необходимо иметь мотопомпы, обеспечены мотопомпами – 767 (48%), может быть использовано 512 прицепных емкостей для забора воды мотопомпами.

Следует отметить, что в первую очередь упор делается на вооружение мотопомпами тех населенных пунктов, которые находятся вблизи лесных массивов.

На сегодняшний день оснащено мотопомпами 100% населенных пунктов, находящихся вне зоны 20-минутного прибытия первого пожарного подразделения и 100% населенных пунктов, находящихся вблизи лесных массивов.

Если избежать пожара не удалось, работники добровольной пожарной охраны и добровольные пожарные, принимающие непосредственное участие в тушении пожаров, обеспечиваются средствами индивидуальной защиты пожарных и снаряжением пожарных, необходимыми для тушения пожаров, в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным на решение задач в области пожарной безопасности. [3]

При лесных пожарах возникает непригодная для дыхания среда, подразумевающая использование средств индивидуальной защиты органов дыхания (далее – СИЗОД) при тушении. Тушением лесных пожаров занимаются лесопожарные формирования субъектов Российской Федерации и добровольные пожарные дружины, не имеющие соответствующего обучения и допуска к работе в СИЗОД изолирующего действия [4-7]. В настоящее время регламентировано использование СИЗОД изолирующего действия только личным составом федеральной противопожарной службы, прошедшим соответственное обучение и допуск к работе.

Проведение анализа - опыта применения средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения при тушении пожаров на открытом воздухе, было выявлено, что такого опыта нет [4-6]. Средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения применялись только при тушении пожаров в помещениях с непригодной для дыхания средой.

Но в условиях применения средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения при тушении пожаров на открытом воздухе, выявлено, что средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения применяются при проведении работ в непригодной для дыхания среде. При лесных пожарах горят, тлеют и выделяют токсичные вещества, которые вызывают раздражение органов дыхания и зрения, а так же вредны для здоровья.

СИЗОД используются в качестве устройств, снижающих риск профзаболеваний. Важно своевременно менять фильтрационные элементы в приборах при постоянном использовании защитных устройств, например, в условиях труда на предприятии с вредными факторами.

Вдыхание опасных отравляющих веществ при неполноценной работе загрязненного фильтра влечет за собой чувствительные реакции в дыхательной системе.

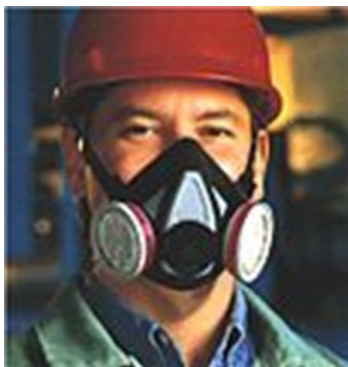
Это сопровождается:

- ощущением посторонних запахов;
- раздражением слизистой носоглотки;
- приступами кашля;
- головокружением;
- гипоксией;
- спутанностью сознания (возможно, обмороками);
- потерей концентрации внимания;
- затрудненностью дыхания.

В качестве альтернативного способа защиты органов дыхания и зрения можно рассмотреть следующие типы СИЗОД [7]. К простейшим СИЗОД относятся ватно-марлевые повязки и противопыльные тканевые маски (ПТМ.-1). Они применяются для защиты органов дыхания от радиоактивной пыли и бактериальных аэрозолей. Для защиты от отравляющих веществ простейшие средства защиты органов дыхания не пригодны.

Противогаз – средство защиты органов дыхания, также бывают противогазы, обеспечивающие защиту зрения и лица. Противогаз применяется как самостоятельное средство индивидуальной защиты, так и в комплекте с другими средствами. Респиратор – средство индивидуальной защиты органов дыхания от попадания аэрозолей (пыль, дым, туман) и/или вредных газов (рис. 1).

Для защиты органов дыхания при разных загрязнениях воздуха изготавливаются респираторы разной конструкции и назначения: промышленные (индустриальные), военные, медицинские (например, для аллергиков или против гриппа) и др. Масса этих респираторов около 300 гр. Сейчас в продаже имеется большое число различных респираторов разных конструкций, изготовленных в РФ и импортируемых продавцами.



(a) противогаз ГП-7



(b) респиратор
промышленный

Рисунок 1 — Общий вид СИЗОД фильтрующего действия

Таким образом, проведенным анализом установлено, что до внесения изменений в существующие нормативно-правовые акты, регулирующие использование СИЗОД изолирующего действия при тушении лесных пожаров подразделениями лесопожарных и добровольных формирований, целесообразно использовать при тушении лесных пожаров СИЗОД фильтрующего действия такие как респираторы и противогазы.

К сожалению, в наше время люди пытаются сэкономить и найти в чём-либо свою выгоду. Поэтому у добровольцев нет стимула. Смотря на все плюсы создания ДПО, которые облегчают деятельность подразделений пожарной охраны, нужно привлекать людей, расширяя старые и создавая новые дружины. Чтобы привлечь добровольцев, нужно предоставить как можно больше льгот, так же обеспечить, находя спонсора, необходимым снаряжением и техникой, но для этого нужно, как можно больше распространения о деятельности таких команд. Ведь чем больше будет привлечено людей к такому делу, тем шире будет кругозор у нынешнего и подрастающего поколения, глядя на работу таких команд и дружин.

Список литературы

1. Противопожарная служба России. Документы и материалы (в двух томах). – М.: ООО «Издательство «ТРИО», 2002.
2. Федеральный закон от 22 июля 2008г. (ред. от 22.07.2022) №123 – ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Федеральный закон от 6 мая 2011г. (ред. от 22.02.2017) №100 – ФЗ «О добровольной пожарной охране».
4. Федеральный закон от 21 июля 1997г. (ред. от 08.12.2020) № 116 – ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
5. Приказ МЧС России от 27.06.2022г. №640 «Об утверждении Правил использования средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения личным составом подразделений пожарной охраны».
6. ГОСТ Р 53255-2009 «Техника пожарная. Аппараты дыхательные со сжатым воздухом с открытым циклом дыхания».
7. ГОСТ Р 53257-2009 «Лицевые части средств индивидуальной защиты органов дыхания».

THE ROLE OF VOLUNTARY FIRE ASSOCIATIONS IN THE PREVENTION AND EXTINGUISHING OF FOREST FIRES

E. A. Kashapova, E. V. Muravyova

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev
– KAI, Kazan, Russia.

e-mail: *kozyreva_ea88@mail.ru, eiena-kzn@mail.ru*

The article examines the historical experience of the development of the fire protection of Russia, the development of voluntary fire associations, their participation in the prevention and extinguishing of fires. The analysis of normative legal acts regulating the activities of all fire brigades in extinguishing forest fires has been carried out. The participation of voluntary fire brigades in extinguishing fires. The problem of the lack of respiratory and visual protection equipment for personnel directly involved in extinguishing forest fires has been identified. Respiratory and visual protection products are analyzed. The ways of solving problems are proposed.

Keywords: fire, forest fire, fire prevention, fire extinguishing, fire protection, voluntary fire brigades, respiratory and visual protection equipment.

УДК 625.74

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ВЫХОДЕ ЖИВОТНЫХ НА АВТОМОБИЛЬНУЮ ДОРОГУ

Л.Г. Макарова

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия

e-mail: *lyuda_izh@mail.ru*

В статье рассматривается система, позволяющая предупреждать водителей транспортных средств о выходе диких животных на автомобильную дорогу. Данная система предполагает установку специально подобранных элементов системы на путях выхода животных из леса, тем самым снижая аварийность на трассах.

Ключевые слова: безопасность движения, выход животных на автодороги, предупреждение, снижение аварийности.

Введение

Появление животных на проезжей части может привести к серьезным последствиям. Даже маленький зверек может спровоцировать водителя на резкие маневры, а столкновение с крупным животным может нанести значительные повреждения транспортному средству.

Основная часть

В статье рассматривается возможность установки на участках дорог с высоким риском выхода животных системы детектирования животных. Эти системы позволят при обнаружении животного незамедлительно передать сигнал на ключевой элемент для включения предупреждающих световых табло о нахождении животного на дороге и включении дежурного освещения в месте, где находится животное.

На участке дороге с высокой вероятностью выхода животных в начале и конце предлагаем установить знак «Дикие животные» с подсветкой (рис. 1).



Рисунок 1 — Знак «Дикие животные с подсветкой»

Необходимо устанавливать столбы с дежурным освещением и датчиками движения направленными в сторону от проезжей части на расстоянии 50 метров друг от друга с обеих сторон проезжей части. Согласно ГОСТ Российской Федерации № 54305-2011 расстояние между столбами освещения на участках загородных дорог не должно превышать 65 метров. На въезде на участок с обеих сторон подразумевается установка предупреждающих табличек с дополнительным освещением для привлечения внимания водителей. В качестве датчиков движения предлагается Датчик движения Banner Engineering Q130RA-2450-AFQ (рис. 2).

Его характеристики:

- Микроволновый датчик FMCW.
- Диапазон частот: 24,05...24,25 ГГц, К-волны.
- Диапазон измерения: до 40 м.
- Время отклика: до 50 мс.
- Выходной сигнал: PNP/NPN NO/NC.
- Настройка: через ПО на ПК.
- Температурный диапазон эксплуатации: -40...+65 °С.
- Степень пылевлагозащиты: IP67.
- Питание: 12...30 V DC.
- Подключение: разъем M12 5 pin.

Микроволновый радарный датчик движения Q130RA-2450-AFQ предназначен для работы в качестве импульсного сенсора, контро-

ля движения людей, автомобилей, механизмов на расстоянии до 40 метров. Настройка на ПК с помощью программного обеспечения. Радарный датчик Q130RA-2450-AFQ детектирует движущиеся и стационарные объекты. Универсальный транзисторный выход PNP/NPN NO/NC контроля зоны. Подключение через стандартный разъем M12 5 pin.



Рисунок 2 — Датчик движения Banner Engineering Q130RA-2450-AFQ.

В качестве датчика присутствия выбран датчик присутствия KNX (рис. 3). Для, IP50. Обнаруживает в 5 индивидуально настраиваемых зонах! Оптический датчик распознает и считает объекты в пяти точно определяемых зонах обнаружения. Угол 110°, дальность 10м, макс. высота установки 6м. Дополнительное измерение температуры и влажности.

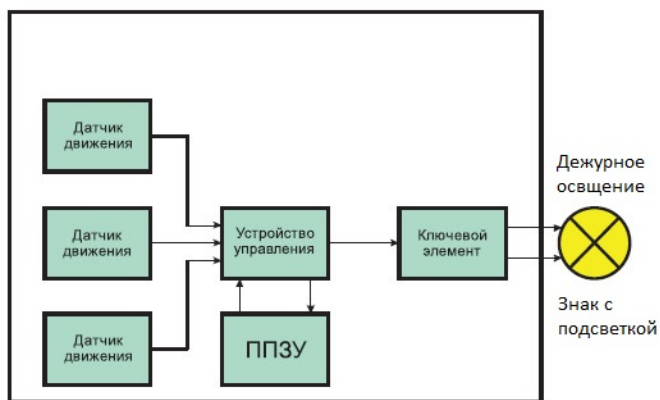


Рисунок 3 — Схема подключения системы

Технические характеристики:

- Потребляемая мощность - 130 мА;
- Рекомендуемая высота установки - 2-6 м;
- Тип сенсора - видеокамера
- KNX контроль отдельный канал с постоянным контролем света внутри зоны, определение присутствия, определение и объединение всех параметров для каждой зоны; посредством программного обеспечения ETS
- KNX доп. контроль измерение температуры, влажности воздуха и уровня освещенности; посредством программного обеспечения ETS
- Значения сенсора – Присутствие объекта / Измерение освещенности / Температура: 0- 40 °С / Относительная влажность воздуха: 20-90 %
- Угол охвата датчика - 110°
- Дальность действия макс. 10 м.
- Постоянное включение на 4 часа да
- Температурный диапазон от 0° до + 40°
- Вид защиты IP 20
- Класс защиты II

- Комплектующие, дополнительно угловой кронштейн (в комплекте)

Датчик движения ДД-019 1100Вт 120град 12м IP44 предназначен для автоматического включения и выключения нагрузки в заданном интервале времени в зависимости от наличия движущихся объектов в зоне обнаружения датчика и уровня освещенности (рис.4).



Рисунок 4 — Датчик движения ДД-019

Из проведенного обзора датчиков движения по необходимым характеристикам дальности действия подходит Banner Engineering Q130RA-2450-AFQ.

На столбах предлагаем установить датчики движения Banner Engineering Q130RA-2450-AFQ, направленные в сторону от проезжей части.

При обнаружении животных вблизи дороги датчик движения передает сигнал на ключевой элемент, тот в свою очередь включает освещение на предупредительном знаке в начале участка, информируя водителей о наличии вблизи дороги животного. Также включается дежурное освещение на пяти ближайших к сработавшему датчику столбах в обе стороны движения. Расстояние освещенной дороги в таком случае составит 400 метров, что достаточно для обнаружения

Раздел II

животного и принятия мер по предотвращению ДТП. Схема представлена на рис.5.

Когда дикое животное покидает зону контроля, светодиодные знаки и дорожное освещение выключаются до следующего его появления.

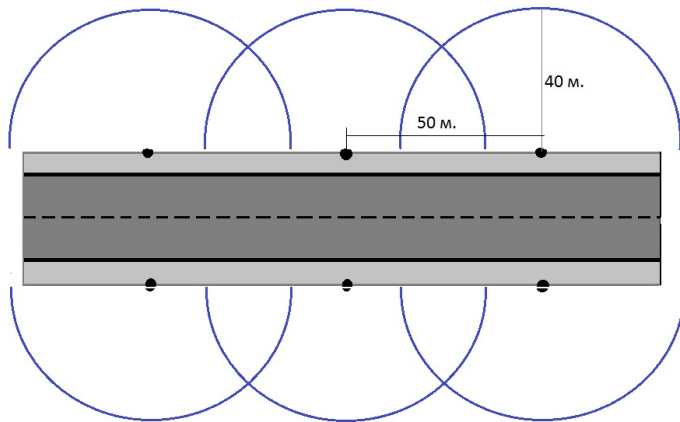


Рисунок 5 — Схема расположения столбов и датчиков движения

Таблица 1 — Технические характеристики ДД – 019

Параметр	Значение
Макс коммутационная мощность, Вт	1100
Степень защиты - IP	IP44
Оптимальная высота установки, м	2.5
Макс дальность передачи в сторону, м	12
Угол обнаружения по горизонтали, °	120
Класс защиты от поражения электрическим током	II
Коммутация нагрузки	Электромеханическое реле
Макс дальность передачи по фронту, м	12
Максимальная дальность обнаружения объекта, м	12
Материал	Пластик
Номинальное напряжение, В	230
Сечение подключаемых проводников, мм ²	0,75...1,5
Тип датчика	Пассивный инфракрасный (PIR)
Тип напряжения	Переменный (AC)
Частота, Гц	50
Чувствительность к инфракрасному излучению объекта	Да
Мин рабочий цикл, сек	10±3
Температура, °C	-25...45

Предлагаемое решение включает в себя защитный забор длиной 2 км и участок дороги шириной 10 метров для перехода животных. Предусмотрено дорожное освещение с двух сторон объекта на расстоянии 50 м. Данные участки организованы в местах звериных троп (рис.6).

На участке разработана схема организации дорожного движения. Так, за 360 м до перехода установлен дорожный знак; за 260 м до перехода в тёмное время суток водитель должен поэтапно снижать скорость с 90 до 70 км/ч; за 60 м до перехода — с 70 до 50 км/ч. Когда дикое животное покидает зону контроля, светодиодные знаки и дорожное освещение выключаются до следующего его появления.

Заключение

Предлагаемая система обнаружения животных вблизи проезжей части и оповещения участников движения не позволит полностью исключить их выход на дорогу, однако главным преимуществом данного решения является заблаговременное предупреждение водителя о наличии на проезжей части или вблизи нее животного. Кроме того, благодаря включению дежурного освещения в местах срабатывания датчиков, водитель сможет лучше видеть, где находится животное.

Список литературы

1. Баканов К. С., Ляхов П. В. и др. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 2020 г.-2023 г. // Информационно-аналитический обзор. М. : НЦ БДД МВД России, 2023.
2. Рубцов, А. А. Биопереходы для животных на автомобильных дорогах I категории / А. А. Рубцов, Г. И. Евгеньев // Международный студенческий научный вестник. - 2017. - № 4-7. - С. 1044-1048.
3. Турищева А. А. О предупреждении дорожно-транспортных происшествий с участием диких животных в Российской Федерации: сб. науч. трудов «Безопасность дорожного движения» / под общ. ред. Д. В. Митрошина. 2020. № 19. С. 208-219.

DEVELOPMENT OF A WARNING SYSTEM ABOUT ANIMALS ENTERING THE HIGHWAY

L.G. Makarova

Udmurt State University, Izhevsk, Russia

e-mail: *lyuda_izh@mail.ru*

The article discusses a system that allows you to warn vehicle drivers about wild animals entering the road. This system involves the installation of specially selected system elements on the routes for animals to exit the forest, thereby reducing the accident rate on the routes.

Keywords: traffic safety, animals on roads, prevention, accident reduction.

УДК 614.84

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Р.Ф. Гибадуллина

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань, Россия
e-mail: 1622101016r@mail.ru

В статье рассматривается важность обеспечения пожарной безопасности на промышленных объектах и необходимость комплексного подхода к этому вопросу. Представлены основные аспекты организации защиты от пожаров, включая принципы системного подхода и стандартизации. По результатам анализа отмечается, что отсутствие системного подхода является основной проблемой в обеспечении пожарной безопасности на промышленных предприятиях, и предлагается внедрение систем менеджмента пожарной безопасности с применением локальных нормативных актов для управления этой важной составляющей безопасности труда.

Ключевые слова: пожарная безопасность; комплексный подход; стандартизация; промышленные предприятия; нормативные акты.

Введение

Обеспечение пожарной безопасности на промышленных объектах имеет фундаментальное значение для защиты жизни и здоровья работников, а также сохранности материальных ценностей. На данных предприятиях существует множество пожарных опасностей, связанных с горючими материалами, технологическими процессами и электрооборудованием, что подчёркивает важность применения комплексного подхода к обеспечению защиты от возгораний. Кроме систем пожаротушения и эвакуации, необходимо обеспечить качественное обучение персонала, проведение проверок и строгий контроль за соблюдением всех норм и правил пожарной безопасности. Оперативная реакция на пожар – это не только спасение жизни и здоровья людей, но и предотвращение значительных материальных потерь и разрушений. Соблюдение правил пожарной безопасности является обязательным для всех работников и должностных лиц промышленных

объектов, начиная от проектного этапа и заканчивая эксплуатацией. Важно учитывать все инженерные и технологические аспекты, которые определяют безопасность в проектных решениях и требуют строгого соблюдения при эксплуатации. Пожарная безопасность на промышленных объектах является важным аспектом обеспечения безопасности и сохранности жизни и имущества, учитывая особенности производственных процессов и потенциально опасных источников возгорания.

Основная часть

Постоянное развитие технологической инфраструктуры с большими опасными предприятиями и ростом опасных выбросов создает риск технологических сбоев из-за ошибок управления, что может привести к крупным чрезвычайным ситуациям техногенного характера, сопровождающимся материальными потерями, пожарами, травмами и гибелью людей.

Причины происшествий часто связаны с недостаточной подготовкой персонала по безопасности труда, нарушением технологических процессов и требований безопасности. Пожары, например, чаще всего возникают из-за небрежного обращения с огнём, нарушения правил работы с электрооборудованием и ошибок в производственном процессе.

Проблема обеспечения пожарной безопасности на производствах заключается в необходимости системного подхода на всех уровнях управления. Согласно Техническому регламенту о пожарной безопасности, каждое производство должно иметь систему предупреждения и защиты от пожаров для обеспечения безопасности сотрудников и имущества.

Управление пожарной безопасностью включает в себя задачи прогнозирования возможных аварий, организации предупредительных мер, принуждения персонала соблюдать правила безопасности и координации действий по обучению и контролю на предприятии.

Основой для обеспечения пожарной безопасности является принцип системного подхода, который предполагает комплексное рассмотрение всех аспектов пожарной безопасности, начиная от проектирования и строительства объекта до повседневной эксплуатации. От отдельных мероприятий по предупреждению пожаров, до обучения персонала и обеспечения необходимым пожаротушением – все это должно быть включено в систему обеспечения пожарной безопасности.

Для эффективной защиты от пожаров на промышленных объектах необходим комплексный подход, который включает в себя не только наличие современных средств пожаротушения, но и соблюдение всех необходимых мер и требований по пожарной безопасности. Организация пожарной безопасности на промышленных объектах включает в себя ряд основных аспектов:

- 1) Проведение комплексного анализа пожарной безопасности объекта. Для этого необходимо оценить риски возникновения пожаров, определить наиболее вероятные и опасные места возникновения возгорания, проверить состояние электротехнического оборудования, систем пожарной сигнализации и пожаротушения.
- 2) Разработка и внедрение плана мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Этот план должен включать в себя меры по профилактике пожаров, обучению персонала правилам действий в случае пожара, проведению регулярных пожарных учений и тренировок.
- 3) Обеспечение наличия необходимых средств пожаротушения и пожарной защиты. На промышленных объектах должны быть установлены автоматические системы пожарной сигнализации, пожаротушения, дымоудаления, а также предусмотрены средства индивидуальной защиты от огня для персонала.
- 4) Проведение регулярных проверок и ревизий систем пожарной безопасности. Для обеспечения эффективной работы систем пожаротушения и предотвращения возможных аварий необходимо проводить регулярные проверки и обслуживание оборудования.

Стандартизация также играет важную роль в области пожарной безопасности. Нормативные документы, устанавливающие требования к организации пожарной безопасности, обеспечивают её единообразие и обязательность для всех предприятий. Стандартизация позволяет уменьшить вероятность возникновения пожаров и обеспечить эффективное пожарное тушение [1].

Проведённый анализ выявил, что отсутствие системного подхода является основной проблемой в обеспечении пожарной безопасности на промышленных объектах. Для решения данной проблемы предлагается внедрение систем менеджмента пожарной безопасности с применением локальных нормативных актов. Это позволит создать целостную систе-

му управления пожарной безопасностью на предприятии и обеспечить ее эффективное функционирование.

В 2024 году на предприятиях действуют новые программы обучения мерам пожарной безопасности, которые были утверждены приказами МЧС России от 05.09.2021 № 596 «Об утверждении типовых дополнительных профессиональных программ в области пожарной безопасности» и от 18.11.2021 № 806 «Об определении Порядка, видов, сроков обучения лиц, осуществляющих трудовую или служебную деятельность в организациях, по программам противопожарного инструктажа, требований к содержанию указанных программ и категорий лиц, проходящих обучение по дополнительным профессиональным программам в области пожарной безопасности». Согласно новым правилам, обучение ответственных за пожарную безопасность должно проводиться исключительно в специальных учебных центрах. Перечень работников, которых нужно направить на обучение в учебные центры, был сокращён и изменён. После прохождения аттестации по новой программе, ответственные за пожарную безопасность получают документы о повышении квалификации или профессиональной переподготовке, в соответствии с Федеральным законом от 29.12.2012 № 273-ФЗ [2, 3].

Обеспечение безопасности от пожаров на предприятии является важной задачей, которая требует принятия нескольких основных мероприятий [4].

Во-первых, необходимо утвердить Инструкцию о мерах пожарной безопасности для каждого объекта, включая пожароопасные и взрывоопасные помещения.

Затем провести обучение по противопожарной безопасности и допускать на работу только тех, кто прошел обучение. Ответственный за пожарную безопасность должен следить за ее соблюдением.

Также важно размещать инструкции и планы эвакуации на объектах с массовым пребыванием людей, а также проводить практические тренировки персонала не реже одного раза в полугодие.

И, наконец, необходимо регулярно проверять состояние противопожарного оборудования.

Обеспечение пожарной безопасности требует от нас не только внимания, но и систематической работы каждого сотрудника предприятия.

Основные обязанности руководителя организации по обеспечению пожарной безопасности предприятия включают в себя следующие меры [5]:

- поддержание наружных пожарных лестниц и ограждений на крышах зданий в исправном состоянии. Один раз в пять лет необходимо проводить эксплуатационные испытания соответствующих протоколов;
- двери помещений должны быть обозначены по категориям опасности, классу зоны согласно закону;
- ежегодно также должна проводиться проверка состояния огнезащитной обработки, и выявленные нарушения должны быть устранены;
- проектные решения и нормативные документы по пожарной безопасности также должны соблюдаться. Например, освещённость, эвакуационные пути и выходы, знаки безопасности на путях эвакуации и очистка вентиляционных систем от горючих отходов;
- проводится проверка на исправность источников водоснабжения от пожара, и при отключении водопровода извещается пожарная охрана. Пожарные гидранты должны быть в исправном состоянии;
- пожарная техника должна иметь доступ к ним в любое время года;
- системы противопожарной защиты должны также быть в исправном состоянии, и регулярно проходить проверки;
- техническое обслуживание по графику и снабжение огнетушителями также являются неотъемлемой частью обязанностей руководителя.

Для обеспечения пожарной безопасности на промышленных объектах необходимо проводить систематическую проверку состояния противопожарного оборудования, своевременно обновлять его и проводить обучение работников по действиям в случае пожара. Также важно иметь утвержденные инструкции по противодействию пожарам и проводить пожарные учения с персоналом.

Кроме того, необходимо обеспечить работу противопожарных систем, таких как дымоудаление, автоматические системы тушения, средства пожаротушения, системы раннего обнаружения пожара и другие. Важно также соблюдение всех норм и требований по предотвращению

пожаров, в том числе проведение герметизации технологических процессов и применение нетоксичных материалов.

Таким образом, организация пожарной безопасности на промышленных объектах является необходимым условием обеспечения безопасности работников и сохранности имущества. Правильно организованная система пожарной защиты позволяет своевременно обнаружить и ликвидировать возгорания, минимизировать ущерб от пожаров и сохранить жизни людей. Важно помнить, что предупреждение пожаров лучше, чем их тушение, поэтому внимательное соблюдение всех необходимых мер и требований по пожарной безопасности является залогом успешной работы промышленных предприятий.

Заключение

В заключении можно отметить, что обеспечение пожарной безопасности на промышленных объектах – это важный и сложный процесс, требующий постоянного внимания и поддержки. Правильный выбор систем пожарной безопасности, регулярное обслуживание оборудования, разработка планов эвакуации и обучение персонала основам безопасности – все это необходимо для соблюдения требований законодательства и обеспечения безопасности работников и посетителей на объекте.

Поддержание высокого уровня пожарной безопасности требует комплексного подхода и строгого следования стандартам безопасности. Внедрение системного подхода и управления пожарной безопасностью с применением нормативных актов поможет уменьшить риск возгораний и обеспечить безопасность на предприятии.

Организация пожарной безопасности на промышленных объектах требует соблюдения всех необходимых мер и требований. Лишь таким образом можно обеспечить безопасность персонала, сохранность имущества и снизить риски возникновения пожаров. Работа по обеспечению пожарной безопасности является не только необходимой, но и оправданной для обеспечения безопасного производственного процесса.

Список литературы

1. Хисматова, А. Т. Совершенствование мероприятий по обеспечению пожаробезопасности в офисно-производственных центрах / А. Т. Хисматова, А. И. Шакирова, В. М. Афанасьев // *Безопасность в техносфере : Сборник статей XIII Международной конференции, Ижевск, 15 мая 2019 года. Том Выпуск 13.* – Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2019. – С. 162-166. – EDN VQQХТК.
2. Приказ МЧС России от 05.09.2021 № 596 «Об утверждении типовых дополнительных профессиональных программ в области пожарной безопасности» – URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/normativnye-pravovye-akty-mchs-rossii/5906> (дата обращения: 20.10.2024). – Текст: электронный.
3. Приказ МЧС России от 18.11.2021 № 806 «Об определении Порядка, видов, сроков обучения лиц, осуществляющих трудовую или служебную деятельность в организациях, по программам противопожарного инструктажа, требований к содержанию указанных программ и категорий лиц, проходящих обучение по дополнительным профессиональным программам в области пожарной безопасности» – URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/normativnye-pravovye-akty-mchs-rossii/5912> (дата обращения: 20.10.2024). – Текст: электронный.
4. Федеральный закон от 21 декабря 1994 «О пожарной безопасности» № 69-ФЗ (последняя редакция).
5. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федеральный закон № 123-ФЗ : [принят Государственной Думой 4 июля 2008 года : одобрен Советом Федерации 11 июля 2008 года]. – Текст : электронный // *Техэксперт : [сайт]*. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644>.

FIRE SAFETY IN INDUSTRIAL ENTERPRISES

R.F. Gibadullina

Kazan National Research Technical University named after A.N.

Tupolev–KAI, Kazan, Russia

e-mail: *1622101016r@mail.ru*

The article discusses the importance of ensuring fire safety at industrial facilities and the need for an integrated approach to this issue. The main aspects of the organization of fire protection, including the principles of a systematic approach and standardization, are presented. According to the results of the analysis, it is noted that the lack of a systematic approach is the main problem in ensuring fire safety at industrial enterprises, and it is proposed to introduce fire safety management systems using local regulations to manage this important component of occupational safety.

Keywords: fire safety, integrated approach, standardization, industrial enterprises, regulations.

УДК 614.8.086

ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИОННЫХ, ХИМИЧЕСКИХ, БИОЛОГИЧЕСКИХ АГЕНТОВ НА ОБЪЕКТЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Р.Ф. Гибадуллина

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань, Россия
e-mail: 1622101016r@mail.ru

В статье рассматриваются угрозы, связанные с использованием радиационных, химических, биологических (далее – РХБ) агентов в отношении объектов инфраструктуры. Авторы указывают на растущее число террористических актов и бедствий, которые могут привести к случайному выпуску таких агентов, наносящих ущерб жизни и здоровью людей. Данные агенты могут быть использованы для нападения как террористическими организациями, так и государствами, представляя серьезную угрозу для городской, промышленной и транспортной инфраструктуры. Для обеспечения безопасности населения и стабильности государства авторы предлагают ряд рекомендаций, включая регулярные инспекции объектов инфраструктуры, усиление защиты от разрушительных воздействий, внедрение систем мониторинга и контроля, разработку планов предотвращения и минимизации угроз, а также сотрудничество с государственными и экологическими организациями. Применение данных рекомендаций позволит улучшить состояние объектов инфраструктуры и снизить риски возникновения аварийных ситуаций из-за воздействия биологических, радиологических, химических, ядерных и психологических агентов.

Ключевые слова: радиационные, химические, биологические агенты, объекты инфраструктуры, террористические акты, угрозы, мониторинг, экологические организации.

Введение

Радиационные, химические, биологические агенты представляют собой одну из самых опасных угроз для объектов инфраструктуры, таких как транспортные магистрали, коммуникации, энергетические объекты и жилые здания [1]. В последние десятилетия все чаще стали происходить террористические акты, связанные с использованием

таких агентов, а также бедствия, приводящие к их случайному выпуску. Это оружие может быть использовано так и государствами для нанесения серьезного ущерба объектам городской, промышленной и транспортной инфраструктуры.

Основная часть

Объекты инфраструктуры – это важные элементы жизнеобеспечения общества, поэтому необходимо уделить особое внимание их защите от различных угроз.

Основные угрозы, которые могут возникнуть в случае нападения террористических организаций с использованием РХБ агентов, включают в себя возможность заражения людей, животных и растений опасными биологическими агентами. Это может привести к эпидемиям и пандемиям, серьезно угрожающим здоровью и жизни граждан.

Кроме того, использование радиоактивных веществ в комбинации с биологическими агентами может существенно усилить эффект атаки, увеличивая зону поражения и степень загрязнения территории. Это может повлечь за собой масштабные последствия для окружающей среды и нанести значительный ущерб объектам инфраструктуры [2].

Помимо угроз со стороны террористических организаций, объекты инфраструктуры также подвержены риску поражения в случае природных катастроф, таких как землетрясения, наводнения, ураганы и другие стихийные бедствия. В случае использования РХБ агентов во время таких катастроф, последствия для объектов инфраструктуры могут быть еще более разрушительными.

Примером химических агентов может служить террористическая атака на систему водоснабжения города через инъекцию ядовитого вещества в водопроводные каналы. Это может привести к массовому отравлению населения и катастрофическому сокращению доступа к питьевой воде.

Второй пример связан с радиологическими агентами и представляет собой возможное загрязнение ядерной электростанции радиоактивными элементами, что вызовет панику в обществе, повредит окружающую среду и создаст серьезные проблемы для энергетической системы.

Биологические агенты. Распространение инфекционного заболевания в систему городского транспорта может спровоцировать эпидемию

и нарушить работоспособность медицинских учреждений на обслуживание населения.

Для обеспечения безопасности населения и социально-экономической стабильности государства необходимо разработать эффективные методы защиты и предотвращения угроз РХБ агентов. Это может включать в себя регулярные проверки и инспекции объектов инфраструктуры, обучение персонала по действиям в случае чрезвычайных ситуаций, разработку планов эвакуации и мер безопасности, а также создание систем мониторинга и предупреждения.

Для улучшения состояния объектов инфраструктуры от влияния РХБ агентов, следует принимать следующие рекомендации[3]:

- 1) Регулярно проводить инспекции и обслуживание объектов инфраструктуры, чтобы выявить и устранить потенциальные проблемы, связанные с воздействием РХБ агентов.
- 2) Усилить защиту объектов инфраструктуры от разрушительного влияния РХБ агентов путем установки дополнительных защитных конструкций и систем.
- 3) Внедрить системы мониторинга и контроля за изменениями в окружающей среде, что позволит оперативно реагировать на угрозы со стороны РХБ агентов.
- 4) Разработать планы мер по предотвращению и минимизации последствий воздействия РХБ агентов на объекты инфраструктуры, включая обучение персонала и проведение регулярных учений.
- 5) Сотрудничать с органами государственной власти и экологическими организациями для разработки общих стратегий по защите объектов инфраструктуры от влияния РХБ агентов.

Таким образом, изучение и понимание влияния РХБ агентов на объекты инфраструктуры позволяет разработать эффективные стратегии защиты и предупреждения угроз, обеспечивая непрерывную работу критически важных систем и поддерживая стабильность общества в целом.

Заключение

Применение этих рекомендаций позволит улучшить состояние объектов инфраструктуры и снизить риски возникновения аварийных ситуаций из-за воздействия РХБ агентов. Обеспечение безопасности и

защита населения от потенциальных угроз требует комплексного подхода, постоянного мониторинга и оперативной реакции на изменения в уровне угрозы. Внедрение современных технологий и методов предупреждения поможет повысить уровень безопасности и минимизировать риски негативных последствий воздействия РХБ агентов на объекты инфраструктуры.

Список литературы

1. Сергеев, И. Ю., Латышенко, К. П., Шмырёва, М. Б., Николаев, Г. А., Бояринова, С. П. Радиационная, химическая и биологическая защита: учебное пособие. – Железногорск: ФГБОУ ВО «Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», 2024. – 36 с.
2. Жировов, Д. А., Герасимович, Н. С., Леонова, Е. Н. Биологическое оружие, как одно из видов оружия массового поражения // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Технические науки. 2011. № 7. С. 255-256.
3. Яковлева, Е. Н., Яшалова, Н. Н., Рубан, Д. А., Васильцов, В. С. Методические подходы к оценке природно-климатических рисков в целях устойчивого развития государства // Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета. Раздел: Экология. 2018. Вып. 52. С. 120-137.

THE IMPACT OF FIRE ON INFRASTRUCTURE
FACILITIES

R.F. Gibadullina

Kazan National Research Technical University named after A.N.

Tupolev–KAI, Kazan, Russia

e-mail: 1622101016r@mail.ru

The article deals with the threats associated with the use of biological, radiological, chemical, nuclear and psychological agents (BPA) in relation to infrastructure facilities. The authors point to the growing number of terrorist acts and disasters that can lead to the accidental release of such agents that harm people's lives and health. Bombs can be used for attacks by both terrorist organizations and States, posing a serious threat to urban, industrial and transport infrastructure. To ensure the safety of the population and the stability of the state, the authors propose a number of recommendations, including regular inspections of infrastructure facilities, strengthening protection against the destructive effects of nuclear power plants, the introduction of monitoring and control systems, the development of plans to prevent and minimize threats, as well as cooperation with government and environmental organizations. The application of these recommendations will improve the condition of infrastructure facilities and reduce the risks of emergencies due to the effects of rain.

Keywords: radiation; chemical; biological agents; object; terrorist attacks; threat; monitoring; environmental organizations.

УДК 614.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИКВИДАЦИИ КАТАСТРОФЫ ПРИ ЗАТОПЛЕНИЯХ ПОЙМЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

А.А. Насретдинова, Е.В. Муравьева

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева—КАИ, г. Казань, Россия
e-mail: *nasretdinova.037@mail.ru, elena-kzn@mail.ru*

В статье рассматривается нормативно – правовая база ведения аварийно-спасательных работ при ликвидации последствий дорожно-транспортного происшествия во время половодья. Представлены особенности требований безопасности во время половодья и требований к ведению поисково-спасательных работ. Проведен расчет сил и средств, необходимых для проведения АСР в результате ДТП во время половодья на низководном мосту через р. Свияга (п. Немчиновка, Буинский район). В результате проведенных расчётов сил и средств, необходимых для проведения АСР при ДТП были сделаны выводы, что для оптимизации лучшего результата поиска на тело погибшего спасателями идеально было бы применение многолучевого цифрового эхолота.

Ключевые слова: моделирование, математический расчет, катастрофа, ликвидация, спасение.

Введение

Ежегодно на территории Буинского муниципального района Республики Татарстан, подверженной прохождением половодья на реках, сопровождающихся образованием ледовых заторов, создаётся подъем уровня воды. В связи с чем, происходит значительное затопление пойменных территорий. Между селами Кият и Немчиновка Буинского района РТ 11 марта 2020г. трое мужчин на тракторе решили пересечь по затопляемому мосту реку Свиягу в период паводка, (рис.1).



Рисунок 1 — Фото с места трагедии.

Дорога ушла под воду более чем на полметра, и трактор течением снесло в реку Свяга. Такое половодье в этом месте происходит периодически [7], и уже погибали люди на этой речке. Причиной половодья является природный фактор, сопровождающийся образованием ледовых заторов, создающий дополнительный подъем уровня воды. Переправа между селами Кият и Немчиновка Буинского района РТ каждый год уходит под воду во время паводка. Другой дороги из села нет, поэтому все ездят по этому мосту, даже когда он затоплен. Перед трагедии, перед трактором проехал уазик, по этому же мосту, но поехавший после уазика трактор снесло в реку. В результате происшествия, из трех пассажиров двух удалось спасти, а третьего так и не нашли. На месте происшествия работали спасатели, которые специальными приспособлениями «прочесывали» речное дно [6].

На примере реальной трагедии, проведен анализ происшествия и смоделированы (рассчитаны) меры для ликвидации катастрофы при затоплении пойменной территорий - необходимые для проведения поисково-спасательных работ в результате трагедии, произошедшей во время половодья на низководном мосту через р. Свяга вблизи населенного пункта Немчиновка Буинского района.

Полученные результаты моделирования проведения поисково-спасательных работ происшедшей трагедии позволили получить:

- 1) Время прибытия зонально поисково-спасательного отряда № 1 (г. Буинск); 20 минут.
- 2) Время прибытия скорой помощи. расстояние от места выезда (ГАУЗ Буинская ЦРБ ул. Ефремова, д.137) до низководного моста – 17 км: 22 минуты.
- 3) Время прибытия дежурной смены МВД по Буинскому району расстояние от места выезда (ул. Космовского, д. 14) – 15 км : 20 минут.
- 4) Время прибытия одного пожарного расчета «111 Пожарной части ФПС по РТ». Расстояние от места выезда (г. Буинск, ул. Ленина, д. 65) до низководного моста – 16 км: 17 минут.
- 5) Прибытие на место ДТП водолазной группы ПСС РТ. (Адрес: г. Казань, ул. Журналистов, 62, корпус 2). Расстояние от ПСС РТ г. Казани до низководного моста 173 км: 2 часа 57 минут.
- 6) Протяженность акватории и береговой линии: $S \approx 2.3$ км
- 7) Привлекаемые силы и средства 17 человек и 9 единиц техники.
- 8) Прибывшая на место ДТП водолазная группа: в составе трех человек.
- 9) Количество личного состава для визуального осмотра и траление крючками «Кошка» от места ДТП 2 человека.
- 10) Водолазная группа для проведения работ использовала СВУ-5 (снаряжение водолазное универсальное) и двухбаллонный воздушно-дыхательный аппарат АВМ-12.
- 11) Для баллонов водолазная группа использовала бензиновый компрессор для забивки сжатого воздуха.
- 12) Водолазная группа работала на месте ДТП в составе трех человек 5 суток по 10,5 часов в день [2].
- 13) Произведенный расчет человеко-дней составляет 22.5 человеко-дня, с помощью которого были вычислены примерные затраты на ПСР водолазной группой, составляющий 30 000 руб.
- 14) В результате проведенных расчётов сил и средств, необходимых для проведения ПСР при ДТП мы предположили, что для оптимизации поиска тела, погибшего спасателями возможно применение многолучевого цифрового эхолота.

При спасательных работах предполагалось задействовать:

- 1 дежурная смена поисково-спасательного отряда в составе 4 человек;
- 1 бригада скорой медицинской помощи, в составе 3 человек;
- 1 дежурная смена МВД, в составе 3 человек;
- 1 пожарно-спасательный расчет, в составе 4 человек;
- 1 водолазная группа в составе 3 человек;
- 1 аварийно-спасательный автомобиль УАЗ – 374195;
- 1 мотолодка «Казанка 6» для визуального осмотра акватории;
- 1 крюк «Кошка» для траления дна реки;
- 1 бензиновый компрессор для забивки сжатого воздуха;
- 3 комплекта водолазного универсального снаряжения;
- 2 двухбаллонно воздушно-дыхательных аппарата АВМ-12;

В результате проведенных расчётов сил и средств, необходимых для проведения АСР при ДТП были сделаны выводы, что для оптимизации лучшего результата поиска на тело погибшего спасателями идеально было бы применение многолучевого цифрового эхолота.

Многочуевой эхолот с цифровой обработкой сигналов

Ученые ЮФУ (Южного федерального университета) разработали многочуевой эхолот с цифровой обработкой сигналов для мониторинга подводной обстановки, проведения поисково-спасательных и гидрографических работ, который позволяет повысить вероятность распознавания подводных объектов как на малой так и на большой глубине (рис.2).

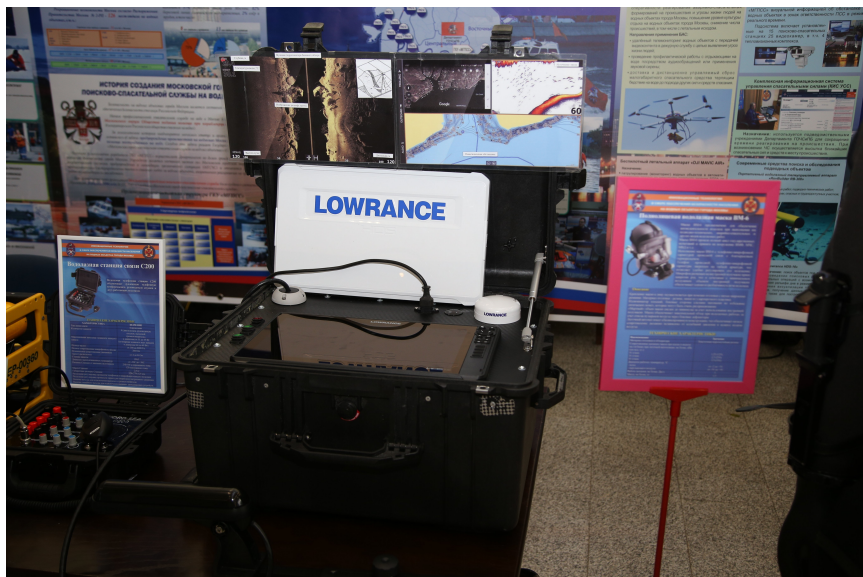


Рисунок 2 — Многочуевой цифровой эхолот

Гидроакустические системы и комплексы, предназначенные для мониторинга подводной обстановки, поиска, обнаружения и классификации объектов различного происхождения, находящихся в толще воды или на поверхности дна, проведения поисково-спасательных работ терпящих бедствие судов и подводных объектов, а также для выполнения гидрографических и картографических работ. В новом эхолоте используются перспективные методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов. Вычислительная часть реализуется на современной элементной базе - цифровых процессорах и программируемых

логических интегральных схемах, позволяющих перепрограммировать вычислительную среду под решение любой задачи. Эхолот имеющийся исключительно на вооружении Московской городской поисково-спасательной службы на водных объектах.

Таблица 1 — ТТХ многолучевого эхолота.

Наименование параметра	Значение
Рабочая частота, кГц	-
Энергетическая дальность действия, м	До 400
Сектор обзора в траверзной плоскости, град	-
Сектор обзора в продольной плоскости, град	-
Количество формируемых лучей в секторе обзора, шт	-
Разрешающая способность по углу, град	2,4 – 4,6
Разрешающая способность по дистанциям, м	До 0,25
Вид зондирующих сигналов	Тон, ЛЧМ
Глубина погружения антенн, м	До 10
Габаритные размеры одиночного БЭ, мм	430x220x360
Габаритные размеры АБ, мм	880x480x150

Принцип работы МЛЭ заключается в следующем. В начале работы системный компьютер выдает заданный программный код на разрешение работы, который по сети приходит в модуль управления и обмена, обеспечивающий обмен информации от СК с остальными модулями. Поступив в МУ и О код разрешения на работу через форматирователь внешнего интерфейса, приходит в модуль синхронизации и формирования сигналов МС и ФС вырабатывающий импульсы синхронного управления всеми модулями МЛЭ, а также формирует сигналы излучения.

В запоминающее устройство МС и ФС записываются исходные данные о виде сигнала излучения, его периоде и длительности. С выхода МС и ФС сформированные сигналы излучения поступают на входы четырех модулей усилителей мощности (МУМ), которые служат для усиления и согласования с излучающей антенной ЗС в каждом канале. Далее, с выходов МУМ сформированные мощные электрические ЗС поступают на излучающую антенну, облучающую сектор обзора одной посылкой с заданными параметрами. Отразившиеся от различных объектов и от дна акустические сигналы принимаются 48 канальной приемной антенной и преобразуются в электрические сигналы, которые поступают на входы антенных усилителей в каждом элементарном канале. Далее сигналы приходят в БЭ тракта приема и управления на входы четырех 12 канальных модулей предварительного усиления с временной автоматической регулировкой усиления (МПУ с ВАРУ), которые обеспечивают заданное изменение во времени коэффициентов усиления в каналах приемного тракта. Формирование законов ВАРУ осуществляет СК. Оператор программно выбирает на нем необходимый закон и подает команду о его выполнении. Выхода каждого из каналов МПУ и ВАРУ аналоговые сигналы поступают в модули аналого - цифрового преобразования (МАЦП), где преобразуются в цифровые коды.

Преобразованные в цифровую форму сигналы поступают контроллер, выполняющий задачи первичной ЦОС, а именно: формирования квадратурных составляющих, цифровой фильтрации и децимации сигналов. Обработанная таким образом информация с каждого элементарного канала транслируются через МУ и О по сети в СК. В СК происходит дальнейшая ЦОС, при этом последовательно происходит выполнение следующих процедур: весовой обработки по пространству,

формирования в частотной области статического веера ХН в пространстве, согласованной фильтрации и вычисления модуля комплексной огибающей сигнала. Процедура формирования в частотной области статического веера ХН применяется при наличии большого числа акустических преобразователей и синтезируемых лучей на основе использования алгоритма быстрого преобразования Фурье (БПФ). Сущность этого метода заключается в замене необходимого временного сдвига сигналов элементарных входных каналов эквивалентным изменением их фазовых спектров в частотной области.

После ЦОС информация выдается на монитор СК оператору для визуального просмотра и принятия дальнейших решений. Работоспособность экспериментального образца МЛЭ была подтверждена в ходе проведения натурных испытаний.

Заключение

Анализ заключается в том, что низководные мосты подвергаются затоплению ежегодно, но решения данной ситуации до сих пор нет. Несмотря на то, что объездные пути имеются, население игнорирует своевременное оповещение и все меры безопасности, рискуют и переправляются по затопленному мосту, подвергая себя опасности. После случившегося на низководном мосту 11.03.2020 году руководство района обеспечивает полный контроль, своевременно привозит продукты первой необходимости в близлежащие населенные пункты, начальниками дорожных служб организовано полное закрытие моста железобетонными блоками, установлено барьерное ограждение, установлены временные дорожные знаки и круглосуточное дежурство.

В ходе работы получены следующие результаты:

- 1) Рассмотрели нормативно – правовую базу ведения аварийно-спасательных работ (далее -АСР) при ликвидации последствий дорожно-транспортного происшествия (далее - ДТП) во время половодья.
- 2) Ознакомились с особенностями требованиями безопасности во время половодья и требованиями к ведению поисково-спасательных работ (далее – ПСР).
- 3) Провели расчет сил и средств, необходимых для проведения АСР в результате ДТП во время половодья на низководном мосту через р. Свяга (п. Немчиновка, Буинский район).

В результате проведенных расчётов сил и средств, необходимых для проведения АСР при ДТП были сделаны выводы, что для оптимизации лучшего результата поиска на тело погибшего спасателями идеально было бы применение многолучевого цифрового эхолота.

Список литературы

1. Информация о количестве пострадавших ДТП Буинского района. [Электронный ресурс] // URL: <https://sntat.ru/news/ya-dvoih-lyu-dey-vyutaschil-tretiego-tak-i-ne-vidat-podrobnosti-tragedii-v-buinske-572901530>.
2. Единые правила безопасности труда на водолазных работах: Учебно-методическое пособие / Сост.: М.Ж. Карабаев., Б.С. Ордобаев, Д.Н. Мусуралиева. – Бишкек: КРСУ, 2013. – 35 с.
3. Справочник спасателя. Книга 4: Спасательные работы при ликвидации последствий наводнений, затоплений, цунами. / Ю.А. Филатов, Э.И. Мажуховский, С.М. Вороной, М.Ю. Буликин, В.В. Парамонов, С.П. Чумак, Ю.Ю. Корнейчук.
4. Справочник спасателя. Книга 8: Надводные и подводные спасательные работы. / Л.Г. Одинцов, А.В. Курсаков, Е.А. Хапалов, В.Ф. Чурсин, С.П. Чумак.
5. Справочник спасателя. Книга 11: Аварийно-спасательные работы при ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий. / Л.Г. Одинцов, Е.А. Хапалов, В.Г. Бубнов, А.В. Курсаков, Р.А. Дурнев, В.А. Нечволод, С.Н. Степин, Э.И. Мажуховский, И.В. Жданенко.
6. Организация проведения поисково-спасательных работ: Учебное пособие для студ. высш. проф. образования / А.Э. Горев, Е.М. Олещенко. – М.: ИЦ Академия, 2018. – 256 с.
7. Алексеенко, В. А. Безопасность жизнедеятельности. Природные и техногенные факторы. Учебно-методическое пособие / В.А. Алексеенко. – М.: Феникс, 2021. – 270 с.

MODELING LIQUIDATION OF THE DISASTER IN CASE OF FLOODING OF FLOODPLAIN AREAS

A.A. Nasretdinova, E.V. Muravyeva

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev
– KAI, Kazan, Russia

e-mail: *nasretdinova.037@mail.ru, elena-kzn@mail.ru*

The article discusses the regulatory framework for conducting emergency rescue operations in the aftermath of a traffic accident during high water. The peculiarities of safety requirements during high water and requirements for conducting search and rescue operations are presented. The calculation of the forces and means necessary to carry out ASR as a result of an accident during high water on a low-water bridge over the river was carried out. Sviyaga (np. Nemchinovka, Buinsky district). As a result of the calculations of the forces and means necessary to carry out ASR in case of an accident, it was concluded that in order to optimize the best search result for the body of the deceased, rescuers would ideally use a multipath digital echo sounder.

Keywords: modeling, mathematical calculation, disaster, liquidation, rescue.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

Ответственность за достоверность информации, точность фактов, цифр и цитат, а также за то, что в материалах нет данных, не подлежащих открытой информации, несут авторы. При перепечатке материалов ссылка на труды конференции «Безопасность в техносфере» обязательна.

БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕХНОСФЕРЕ
Труды XVII Международной научно-практической
конференции (24 октября 2024 г.).
Выпуск 17

Авторская редакция
Компьютерная верстка: М.А. Туленков

Подписано в печать 22.11.2024. Формат 60x84 1/16
Усл. печ. л. 7,32. Уч. изд. л. 8,33.
Тираж 27 экз. Заказ № 2223.

Издательский центр «Удмуртский университет»
426034 г. Ижевск, ул. Ломоносова, 4Б, каб. 021
Тел.: + 7 (3412) 916-364, E-mail: editorial@udsu.ru

Типография Издательского центра «Удмуртский университет»
426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 2
Тел. +7 (3412) 68-57-18