

Исследование скорости определения пожара в производственном помещении с применением системы «Умное производство» на основе технологии Интернета вещей

Е. Д. Григорьева¹, В. А. Ушаков²

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

¹lizarapne@gmail.com, ²ushakov@guap.ru

Аннотация. Для снижения затрат на содержание производственного помещения была разработана система «Умное производство», содержащая в себе компонент пожарной безопасности. В статье рассматривается скорость обнаружения пожара разработанной системой на основе результатов исследования различных сценариев пожара.

Ключевые слова: Интернет вещей; риск пожара; производственные помещения; скорость определения пожара; «Умное производство»

I. ВВЕДЕНИЕ

Интернет вещей (Internet of Things, IoT) [1–3] представляет собой объединенную сеть, к которой посредством коммуникационной и информационной инфраструктуры подключено множество объектов. Технология интернета вещей значительно расширяет возможности сбора и анализа информации, а применение методов кибернетики – науки об общих закономерностях получения, хранения, преобразования и передачи информации в сложных управляющих системах [4] – позволяют повысить эффективность применения технологии и открыть новые возможности.

Интернет вещей применяется в различных областях, в том числе и для систем охранно-пожарной сигнализации. Технология позволяет повысить эффективность и скорость реагирования при пожаре, оперативно выявляя возможную опасность [5–6].

Для снижения затрат на содержание производственного помещения была разработана система автоматизированного управления «Умное производство» основанная на технологии Интернета вещей [7–9]. Система обеспечивает улучшение организации труда и сокращение экономических затрат. Производственное помещение, для которого разрабатывается система, относится к категории умеренной пожароопасности (Г) [10], где установка систем пожарной безопасности не является

обязательной. Однако статистика возгораний в производственных помещениях высока, а использование датчиков дыма не оптимально: из-за специфики работ высоко количество ложных срабатываний сигнализации и значительное число выходов из строя ее компонентов [11–12]. Применение технологии Интернета вещей в сочетании с интеллектуальной динамичной системной архитектурой, которая гарантирует непрерывный сбор и анализ данных, позволяет системе «Умное производство» определять пожары на начальном этапе возгорания без использования датчиков дыма, защищая персонал и снижая общие организационные риски.

II. ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЖАРА В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПОМЕЩЕНИИ

Для достижения поставленной цели был проведен ряд экспериментов, направленных на выявление закономерностей изменения показаний различных датчиков при пожаре и его возникновении, и определения оптимальных параметров работы системы. Для расчета скорости определения пожара системой и вероятности эвакуации сотрудников было проведено исследование сценариев возникновения пожара в производственном помещении [13].

Исследование было произведено в программе RiskManager, позволяющей выполнить оценку пожарного риска с учетом динамического изменения опасных факторов пожара и времени эвакуации людей. Время блокировки путей эвакуации определяется по зонной модели расчета динамики опасных факторов пожара в начальной стадии [14–15].

План производственного помещения, пути эвакуации и расчетные точки представлены на рис. 1. Местоположение расчетных точек было выбрано исходя из расположения рабочих мест сотрудников (по два рабочих места для двух сотрудников в каждом помещении).

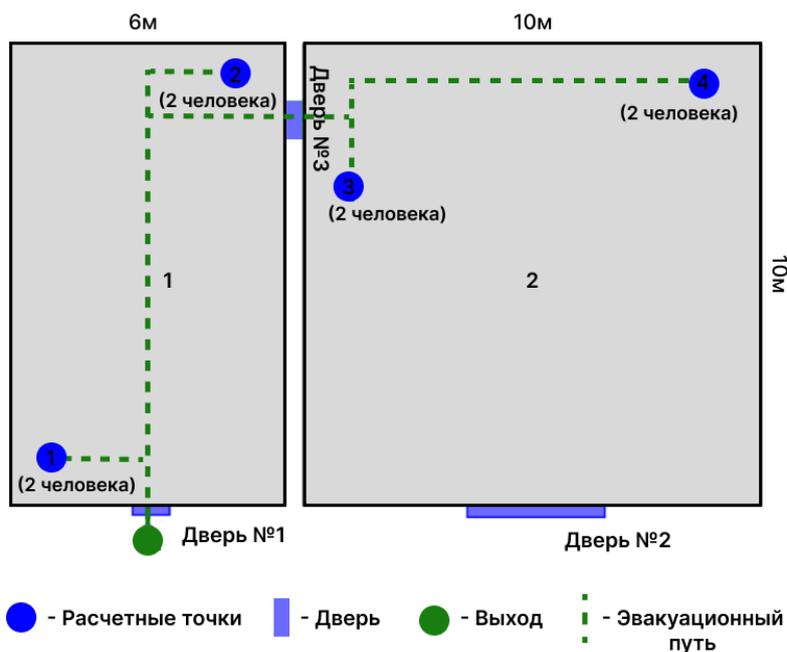


Рис. 1. План производственного помещения, пути эвакуации и расчетные точки

Было исследовано несколько сценариев пожара с возгораниями в разных помещениях при различных условиях доступности дверей. Время реагирования системы на пожар в среднем составляло 33 секунды. Из-за ограниченности размера статьи приведем результаты только двух сценариев.

При выполнении первого сценария «Возгорание в помещении 2 с открытыми дверьми» время блокирования эвакуационных путей составило 65 секунд, время срабатывания звукового сигнала, предупреждающего сотрудников об опасности, – 33 секунды, а время, требующееся на эвакуацию сотрудников – 25 секунд. В данном сценарии разница во времени необходимом на эвакуацию и временем блокирования путей было максимальным среди всех сценариев.

Рассмотрим подробнее результат выполнения второго сценария «Возгорание в помещении “1” с закрытой дверью №2», при котором время блокирования эвакуационных путей было наименьшим, а время срабатывания звукового сигнала – наибольшим. В табл. 1 представлены результаты выполнения сценария:

время достижения критических значений основными факторами, опасными для здоровья человека и влияющими на процесс эвакуации. Из табл. 1 можно сделать вывод, что эвакуационный путь проходящий через помещение 1 (помещение с очагом пожара) наиболее опасен, так как время его блокирования составляет 58 секунд, а время потери видимости в помещении – 41 секунду. Время достижения очагом пожара размеров помещения 1 составило примерно 92 секунды. Динамика развития площади очага представлена на рис. 2. Исходя из полученных данных время эвакуации сотрудников из всех расчетных точек с учетом реагирования должно составлять меньше 92 секунд. За расчетное время эвакуации принимается максимальное время пути от расчетной точки до выхода. В данном сценарии общее расчетное время эвакуации при возгорании составило 31 секунду. Таким образом, время реагирования системы не должно превышать 61 секунду – разницу между временем достижения очагом пожара размеров помещения 1 и временем на эвакуацию всех групп сотрудников [16–17].

ТАБЛИЦА I. Результаты выполнения сценария «Возгорание в помещении “1” с закрытой дверью №2»

Контр. точка № / Помещение № / Высота раб. зоны	Время блокирования, сек.	По температуре, сек.	По потере видимости, сек.	По недостатку кислорода, сек.	По содержанию углекислого газа, сек.	По содержанию угарного газа, сек.	По содержанию хлороводорода, сек.	По тепловому потоку, сек.
1 / 1 / 1,7м (очаг)	58	65	41	93	200	200	56	6
2 / 1 / 1,7м (очаг)	58	65	41	93	200	200	56	6
3 / 2 / 1,7м	122	128	123	200	200	200	200	200
4 / 2 / 1,7м	122	128	123	200	200	200	200	200

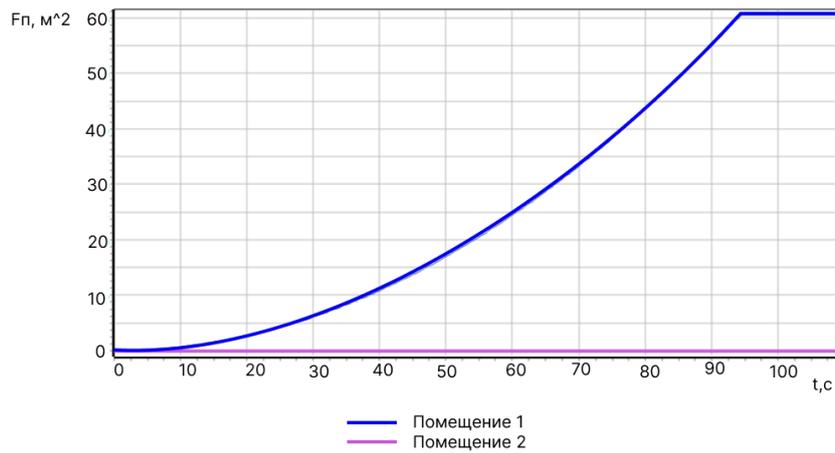


Рис. 2. Динамика развития площади очага пожара

В разработанной системе «Умное производство» пожарная сигнализация срабатывает при выполнении совокупности условий:

$$\begin{cases} n \geq 0,005\% \\ T > 30 \text{ }^\circ\text{C} \\ L \leq 250 \text{ лк} \end{cases}$$

где n – концентрация угарного газа в воздухе, T – температура воздуха, L – освещенность.

Из рис. 3 можно сделать вывод, что задымленная зона достигнет уровня датчика угарного газа, расположенного на высоте 8 метров в помещении 1, спустя 10 секунд с момента начала пожара, датчика света (высота 3 метра) – спустя 35 секунд, а датчика температуры (высота 4 метра) – спустя 12 секунд. Температура газовой среды, в которой окажется датчик, превысит значение в 30°C спустя 18 секунд с момента наступления пожара, что следует из рис. 4.

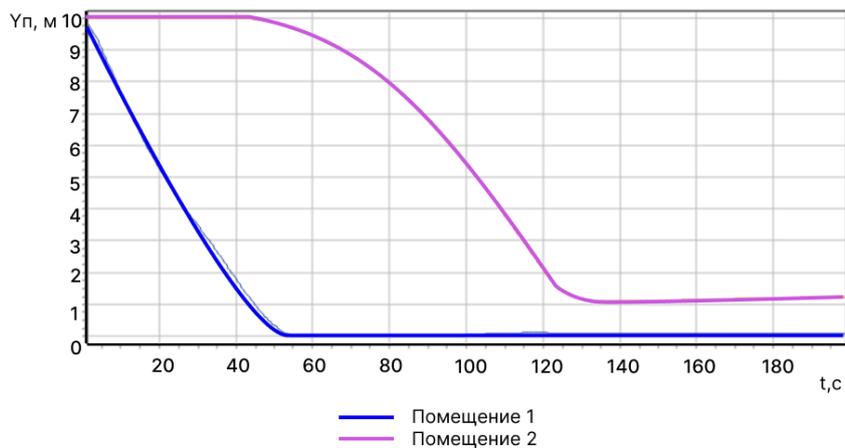


Рис. 3. График зависимости координаты задымленной зоны от времени

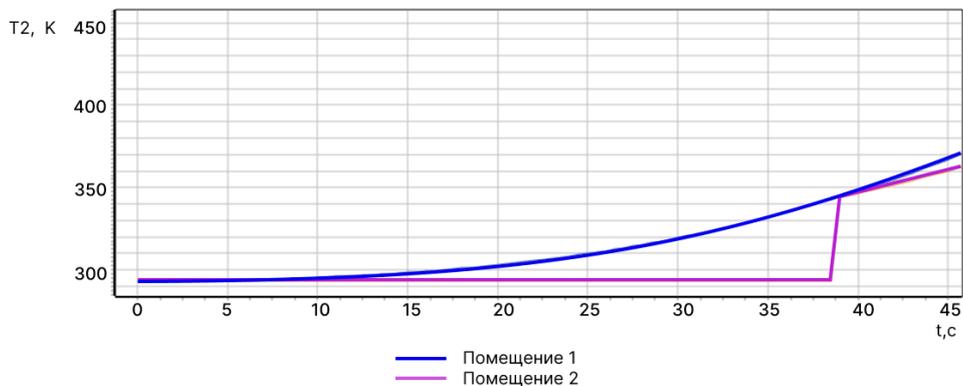


Рис. 4. График зависимости температуры газовой среды в задымленной зоне от времени

Таким образом, в выполненном сценарии условия срабатывания разработанной системы реагирования звуковой сигнал сирены уведомит сотрудников о начале возгорания спустя 35 секунд с момента начала пожара.

Вероятность эвакуации сотрудников рассчитывается по формуле:

$$P_m = \begin{cases} \frac{\tau_{\text{бл}} - t_p}{\tau_m}, & \text{если } t_p < \tau_{\text{бл}} < (t_p + \tau_m) \\ 0,999, & \text{если } t_p < \tau_m \leq \tau_{\text{бл}} \\ 0, & \text{если } t_p \geq \tau_{\text{бл}} \end{cases},$$

где τ_m – время от момента обнаружения пожара до запуска звукового сигнала, t_p – время эвакуации в минутах, $\tau_{\text{бл}}$ – время блокирования путей эвакуации [18].

При расчете для групп сотрудников с минимальным временем блокирования эвакуационных путей выполняются условия $t_p < \tau_{\text{бл}} < (t_p + \tau_m)$. Вероятность эвакуации составила 81,5 %.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследования время определения пожара разработанной системой «Умное производство» при выполнении сценария с наименьшим временем блокирования эвакуационных путей и наибольшим временем реагирования системы составляет 35 секунд. Расчетная вероятность эвакуации сотрудников равна 81,5 % и позволяет говорить о применимости указанной системы для определения пожара в производственном помещении. Однако, необходимо выполнить пересмотр условий срабатывания пожарной сигнализации, который позволит приблизить вероятность эвакуации сотрудников к максимальному значению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] P. R. Gunjal, S. R. Jondhale, J. Lloret Mauri, and K. Agrawal, *Internet of things: Theory to practice*. Boca Raton: CRC Press, 2024, doi: 10.1201/9781003282945.
- [2] M. Taneja, “A mobility analytics framework for Internet of Things,” in 2015 International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT), 2015, doi: 10.1109/ICGCIoT.2015.7380440.
- [3] B. Mostafa, “Monitoring internet of things networks,” in 2019 IEEE 5th World Forum on Internet of Things (WF-IoT), 2019, doi: 10.1109/WF-IoT.2019.8767203.
- [4] Новиков Д.А. Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития. М.: ЛЕНАНД, 2016. 160 с.
- [5] P. Guo, “The application of Internet of Things technology in intelligent fire protection,” *Applied and Computational Engineering*, vol. 47, no. 1, pp. 159–163, 2024, doi: 10.54254/2755-2721/47/20241278.
- [6] T. Peng and W. Ke, “Urban fire emergency management based on big data intelligent processing system and Internet of Things,” *Optik (Stuttg.)*, vol. 273, no. 170433, p. 170433, 2023, doi: 10.1016/j.ijleo.2022.170433.
- [7] B. Sokolov, V. Ushakov, and V. Zakharov, “Optimal planning and scheduling of information processes during interaction among mobile objects,” *Int. J. Prod. Res.*, pp. 1–20, 2024, doi: 10.1080/00207543.2024.2302388.
- [8] Ушаков В.А. Модели и алгоритмы управления информационными процессами при взаимодействии подвижных объектов // *Морские интеллектуальные технологии*, 2022, № 3-1 (57), с. 235-247. DOI: 10.37220/МИТ.2022.57.3.031.
- [9] D.D. Savelyeva and T.M. Tatarnikova, “Internet of things traffic consumption control system,” // 2022 Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF), 2022, doi: 10.1109/WECONF55058.2022.9803422.
- [10] Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 25.12.2023) “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” [Электронный ресурс]. URL: <https://legalacts.ru/doc/FZ-Teh-reglament-o-trebovaniyah-pozharnoj-bezopasnosti/> (Дата обращения: 04.04.2024)
- [11] Society of Fire Protection Engineers, “Risk, fire risk, and fire risk assessment,” in *SFPE Guide to Fire Risk Assessment*, Cham: Springer International Publishing, 2023, pp. 5–9, doi: 10.1007/978-3-031-17700-2_2.
- [12] Society of Fire Protection Engineers, “Overview of the fire risk assessment process,” in *SFPE Guide to Fire Risk Assessment*, Cham: Springer International Publishing, 2023, pp. 11–17, doi: 10.1007/978-3-031-17700-2_3.
- [13] D. Vasilyev and I. Ozden, “Improvement of fire risk calculation method for linear part of main pipeline,” in VII International conference “Safety problems of civil engineering critical infrastructures” (SPCECI2021), 2023, doi: 10.1063/5.0125407.
- [14] Пузач С.В. Математическое моделирование тепломассообмена при решении задач пожаровзрывобезопасности: монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. 150 с.
- [15] Пузач С.В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности: монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. 336 с.
- [16] S. I. Marakkaparambil, R. Rameshkumar, M. P. Dinesh, A. Aslam, and M. S. Ansari, “FireNet-micro: Compact fire detection model with high recall,” in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, pp. 65–78, doi: 10.1007/978-3-031-47508-5_6.
- [17] X. Zhou and C. Wang, “Research and implementation of forest fire detection algorithm improvement,” *Int. J. Adv. Netw. Monit. Controls*, vol. 8, no. 4, pp. 90–102, 2023, doi: 10.2478/ijanmc-2023-0080.
- [18] ТСН 31-304-95 г. Москвы (МГСН 4.04-94) Многофункциональные здания и комплексы (С Изменением N 1) Официальное издание ГУП “НИАЦ”, 1994 год [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200000270?ysclid=luzmgqg4qo964593766> (Дата обращения: 04.04.2024)