

Научная статья
УДК 614.841
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.82.19.006

ОБОСНОВАНИЕ СНИЖЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА С УЧЕТОМ ВЫБОРА ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ СПС

*Дмитрий Валентинович Каргашилов^{1,2},
Ирина Александровна Иванова¹,
Елена Анатольевна Сушко¹,
Анастасия Петровна Паршина¹*

¹Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

²Воронежский институт повышения квалификации сотрудников ГПС МЧС России, Воронеж, Россия

Автор ответственный за переписку: Дмитрий Валентинович Каргашилов, kargashil@mail.ru

Аннотация. В статье предложен и обоснован способ снижения пожарной опасности технологических процессов, а также производств в целом, путем выбора пожарных извещателей СПС с учетом показателей пожарной опасности обращающихся в производстве веществ и материалов. Приведен пример подбора типа пожарных извещателей на основе характеристики горючих нагрузок с учетом факторов пожара, которые непосредственно влияют на время их срабатывания от начала пожара. Для решения поставленной задачи были выбраны определенные аналитические уравнения интегральной модели развития опасных факторов пожара в помещении.

Ключевые слова: пожар, опасность, безопасность, эвакуация, время, сигнализация, технологический, процесс, извещатель, нагрузка

Для цитирования: Каргашилов Д.В., Иванова И.А., Сушко Е.А., Паршина А.П. Обоснование снижения пожарной опасности технологического процесса производства с учетом выбора пожарных извещателей СПС// Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2022. № 1 (24). С. 43-47. <https://dx.doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2022.82.19.006>.

Original article

JUSTIFICATION FOR REDUCING THE FIRE HAZARD OF THE PRODUCTION PROCESS, TAKING INTO ACCOUNT THE CHOICE OF SPS FIRE DETECTORS

*Dmitry V. Kargashilov^{1,2},
Irina A. Ivanova¹,
Elena A. Sushko¹,
Anastasiya P. Parshina¹*

¹Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

²Voronezh institute of Advanced Training of Employees of the EMERCOM of Russia, Voronezh, Russia

Corresponding author: Dmitry V. Kargashilov, kargashil@mail.ru

Abstract. The article proposes and justifies a way to reduce the fire hazard of technological processes, as well as production in general, by selecting fire detectors of the ATP, taking into account the fire hazard indicators of substances and materials used in production. An example of the selection of the type of fire detectors based on the characteristics of combustible loads, taking into account the fire factors that directly affect the time of their operation from the start of the fire. To solve the problem in the example, certain analytical equations of the integral model of the development of fire hazards in the room were selected.

Key words: fire, danger, evacuation, time, alarm, technological, process, detector, load, safety

For citation: Kargashilov D.V., Ivanova I.A., Sushko E.A., Parshina A.P. Justification for reducing the fire hazard of the production process, taking into account the choice of SPS fire detectors // Siberian Fire and Rescue Bulletin 2022. № 1 (24). С. 43-47. <https://dx.doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2022.82.19.006>.

Пожарная опасность любого объекта, в том числе технологического процесса, как и всего производственного объекта - это то состояние, которое характеризуется возможностью возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество его опасных факторов (ОФП), напрямую связанных с пожарной нагрузкой, обращающейся в технологическом процессе производства, а также на его производственных и складских участках [1].

Пожарная безопасность любого производственного объекта характеризуется возможностью предотвращения возникновения пожара его дальнейшего развития, и предотвращения воздействия на людей и имущество ОФП, что снижает или обеспечивает его пожарную опасность.

Одними из способов защиты персонала производственных участков, расположенных в помещениях от воздействия ОФП, являются пути эвакуации и эвакуационные выходы, системы пожарной сигнализации (СПС), системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ), а также системы коллективной, в том числе противодымной, защиты [1]. При этом пути эвакуации должны удовлетворять требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре из рассматриваемого производственного помещения. В свою очередь безопасная эвакуация людей из зданий и сооружений при пожаре считается обеспеченной, если интервал времени от момента обнаружения пожара до завершения процесса эвакуации людей в безопасную зону не превышает необходимого времени эвакуации людей при пожаре [1]. Выполнение условий безопасной эвакуации людей из производственных зданий, а также помещений, с учетом п. 30 [4] запишем в виде следующей формулы:

$$P_3 = t_p + t_{нэ} \leq t_{необх} = 0,8 \cdot t_{бл} \quad (1)$$

где P_3 – значение безопасной эвакуации людей из рассматриваемого в данном случае производственного помещения, здания;

$t_{необх}$ – необходимое время эвакуации людей из помещений, зданий при пожаре, мин [2];

$t_{бл}$ – время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения по ним ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения, мин;

t_p – расчетное время эвакуации людей из помещения пожара, мин;

$t_{нэ}$ – интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей, предлагается принимать равным сумме времени срабатывания системы СПС с учетом инерционности срабатывания пожарных извещателей (далее ИП) и времени опускания дыма от перекрытия помещения до уровня установки ИП или повышения температуры в зоне их установки.

$$t_{нэ} = \tau_{ис} + \tau_{ср}, \quad (2)$$

где $\tau_{нс}$ – время срабатывания извещателей СПС, которое принимаем равное критическому ОФП достигающему определенных значений в зоне установления извещателей системы – дымовых или тепловых и зависит от характеристики горючей нагрузки, мин;

$\tau_{ср}$ – инерционность системы, которое примем равное паспортным данным инерционности срабатывания ИП – 10 сек или 0.17 мин.

Сумма значений $\tau_{нс}$ и $\tau_{ср}$, непосредственно влияет не только на безопасную эвакуацию людей, но и на время начала выполнения своих функций системы противодымной защиты помещений, которая в свою очередь должна обеспечить безопасную эвакуацию людей из помещений и зданий при ее наличии.

Будем рассматривать в качестве критического значения для ИП:

- дымовых время потери видимости в дыму на уровне их установки в защищаемой зоне;
- тепловых время повышение температуры на уровне их установки в защищаемой зоне.

Проанализируем варианты определения выбранных критических значений. В качестве одного из них рассмотрим возможный уровень опускания дыма от потолка помещения над его полом, обеспечивающий условия эвакуации с учетом допустимых значений ОФП по температурному воздействию и по обеспеченности дыхания. Для этого воспользуемся формулой нахождения время, с, допустимого заполнения помещения дымом в начальной стадии пожара [3], [7]:

$$\tau_{нс} = 6,39 A(Y^{0,5} - H_n^{-0,5})/P_n, \quad (3)$$

где: А - площадь помещения, или площадь зоны контролируемая датчиками, м²;

У - уровень стояния нижней границы дыма от пола помещения, рассматриваем, как высоту размещения датчиков, м;

H_п - высота помещения, м;

P_п - периметр очага пожара, принимаем с учетом размещения пожарной нагрузки, м.

Однако данный вариант не учитывает пожароопасные свойства горючей нагрузки, размещаемой в производственных или складских помещениях.

В качестве наиболее вероятного и информативного варианта, рассмотрим использование для нахождения $\tau_{нс}$ - некоторых аналитических соотношений определения критической продолжительности пожара, а именно соотношений [4]:

$$t_{сп}^T = \left\{ \frac{B}{A_1} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{1/3} c \quad (4)$$

- время достижение критической температуры - для извещателя температуры, величину 70⁰С можно менять в зависимости от температуры срабатывания теплового ИП;

$$t_{сп}^{пв} = \left\{ \frac{B}{A_1} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{20 \cdot B \cdot D \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/3} c \quad (5)$$

- время потери видимости - для дымовых датчиков при попадании дыма в их оптические или ионизационные камеры.

Кроме того, можно использовать зонную или полевую модель пожара для помещений высотой больше 6 м и сложной конфигурации, однако для применения этих моделей требуется специальное программное обеспечение.

Согласно требованиям нормативных документов, один или несколько извещателей защищают определенную площадь помещения, следовательно, их срабатывание над очагом пожара при исправной СПС – неизбежно. Период от начала возгорания до времени начала наступления рассматриваемых ОФП на уровне датчика, напрямую зависит от дымообразующей способности материала, низшей теплоты сгорания материала и скорости распространения пламени по поверхности пожарной нагрузки.

Для нахождения временных показателей срабатывания ИП, задаем уровень расчетной точки на высоте их установки в рассматриваемом помещении, с учетом полного «погружения» в пространство, образованное ОФП опустившимися от поверхности перекрытия (потолка, подвесного потолка), рис. 1.

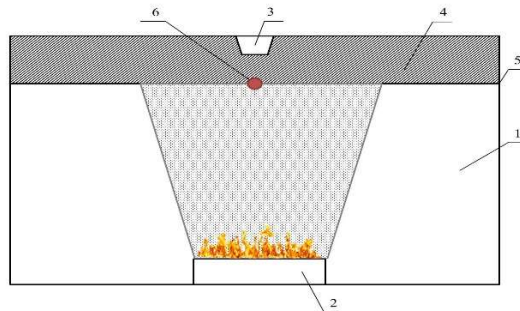


Рис. 1. 1-рассматриваемое помещение, 2-очаг пожара, 3- извещатель пожарный, 4-область ОФП, 5-уровень опускания дыма от плоскости потолка, 6-расчетная точка.

Проверим на примерах возможность решения задач по обоснованию безопасности людей в производственном помещении с участками разной пожарной нагрузки. При этом будем учитывать ограничения применения аналитических выражений [4]. В качестве примера приведем вариант выбора точечных тепловых или точечных дымовых [5].

Рассмотрим помещение производства резинотехнических изделий с технологическим процессом вулканизации готовой резиновой смеси, площадью 140 м², высотой 6 м. Из-за размещения технологического оборудования, весь персонал не может одновременно заметить пожар, т.е. время начала эвакуации необходимо принять с учетом работы СПС и СОУЭ [4].

ИП установлены под перекрытием помещения, высоту стояния дыма от уровня пола помещения, т.е. расчетную точку, принимаем с учетом погрешности расчетов – 5,7 м, т.е. размер зоны, заполненной ОФП ограниченной поверхностью перекрытия и уровнем его опуская от перекрытия к поверхности пола помещения, будет равен 30 см, что обеспечит полное «погружению» ИП в их область.

В качестве пожарной нагрузки рассмотрим резинотехнические изделия, а также упаковочный материал – картон, бумага, полиэтилен. Свободный объем помещения 672 м³ (80 % от общего объема помещения).

При заданных значениях для пожарной нагрузки («Резинотехн. изделия: резина, изделия из нее» [7]) время потери видимости составило – 20 сек (срабатывание извещателя ДИП установленного на высоте 5,7 м), температура на высоте 5,7 м достигла 68 °С за 53 сек (срабатывание датчика температуры ИП 101-20/1), а при заданных значениях для пожарной нагрузки («Упаковка (бумага + картон + полиэтилен + полистирол)» [7]) время потери видимости составило – 88 сек (срабатывание извещателя ДИП установленного на высоте 5,7 м), температура на высоте 5,7 м достигла 68 °С за 156 сек (срабатывание датчика температуры ИП 101-20/1)– данные получены при решении аналитических соотношений для определения критической продолжительности пожара по формулам (4) и (5).

Принимаем $\tau_{нс}$ – 19,7 секунд или 53 сек в зависимости от применяемых ИП СПС, как наименьшие значения критической продолжительности пожара одной из рассматриваемых пожарных нагрузок.

По формуле (2) находим время начала эвакуации персонала из рассматриваемого производственного помещения:

- $t_{нэ} = 0,33 + 0,17 = 0,5 \text{ мин}$ - для дымовых ИП;
- $t_{нэ} = 0,88 + 0,17 = 1,05 \text{ мин}$ - для тепловых ИП.

С учетом предварительных расчетов запишем $P_{э1}$ формулы (1) в следующем виде: $P_{э1} = t_p + 0,5$, при моделировании срабатывания СПС и СОУЭ с дымовым ИП.

Также с учетом предварительных расчетов запишем P_{32} формулы (1) в следующем виде: $P_{32}=t_p+1,05$, при моделировании работы тех же систем с тепловым ИП.

Из записанных выражений видно, что $P_{32}>P_{31}$.

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод о том, что для рассматриваемого производственного помещения при равных значениях t_p и $t_{6л}$ вероятность выполнения условий безопасной эвакуации людей будет выше при выбранных дымовых ИП с учетом проведения моделирования горения пожарной нагрузки технологического процесса.

Обоснованное в работе время начала эвакуации людей при пожаре с учетом результатов расчетов начала срабатывания извещателей пожарных на основании пожарной опасности используемых в технологическом процессе веществ и материалов, позволяет говорить о том, что правильно выбранное оборудование СПС, в частности ИП [5], в сочетании с СОУЭ в производственном помещении, здании повышает вероятность выполнения условия безопасной эвакуации людей, и в целом пожарную безопасность объекта, тем самым снижая пожарную опасность технологических процессов производства.

Предложенный способ обоснования выбора пожарных извещателей с учетом пожарной опасности горючей нагрузки, может быть полезен проектным организациям при проектировании СПС не только в производственных и складских помещениях Ф5, но и в зданиях других классов функциональной пожарной опасности.

Список источников

1. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
2. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
3. ПОСОБИЕ 4.91 к СНиП 2.04.05-91 Противодымная защита при пожаре (2 редакция) Москва, 1992 г.
4. Приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404 «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах».
5. СП 484.1311500.2020 «Свод правил. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования».
6. СП 3.13130.2009 «Свод правил. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности».
7. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учеб. пособие/ Ю.А. Кошмаров, С.В. Пузач, В.В. Андреев и др. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012.-126с
8. Е. Батчер, А. Парнэлл. Опасность дыма и дымозащита. Перевод с английского Е. Ш. Фельдмана: под редакцией В. М. Есина, Москва, Стройиздат, 1983 г.

Информация об авторах

Д.В. Каргашилов - кандидат технических наук, доцент
И.А. Иванова - кандидат технических наук, доцент
Е.А Сушко - кандидат технических наук, доцент

Information about the author

D. V. Kargashilov - Ph.D. of Engineering Sciences, Docent
I.A. Ivanova- Ph.D. of Engineering Sciences, Docent
E. A. Sushko- Ph.D. of Engineering Sciences, Docent

Статья поступила в редакция 10.02.2022; одобрена после рецензирования 21.02.2022; принята к публикации 21.03.2022.

The article was submitted 10.02.2022, approved after reviewing 21.02.2022, accepted for publication 21.03.2022.