

Научная статья  
УДК 614.841.3  
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.76.92.003

## Анализ влияния несоблюдения противопожарных расстояний на распространение горения при производстве судебных нормативных пожарно-технических экспертиз

*Наталья Вячеславовна Петрова<sup>1</sup>*  
*Софья Федоровна Лобова<sup>2</sup>*  
*Александр Евгеньевич Гайдукевич<sup>3</sup>*

*Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия*

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-2478-6736>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-7200-599X>

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-5690-635X>

*Автор ответственный за переписку: Наталья Вячеславовна Петрова, n-youn@mail.ru*

**Аннотация.** Рассмотрены особенности проведения компьютерного моделирования в рамках производства судебных нормативных пожарно-технических экспертиз с целью оценки влияния несоответствия противопожарных расстояний на распространение горения между здания, сооружениями и иными объектами. Приведен пример моделирования процесса распространения пожара на газораспределительный шкаф при горении горючего материала, складываемого в охранной зоне распределительного оборудования.

**Ключевые слова:** нормативная пожарно-техническая экспертиза, требование, пожарная безопасность, противопожарное расстояние, компьютерное моделирование

**Для цитирования:** Петрова Н.В., Лобова С.Ф., Гайдукевич А.Е. Анализ влияния несоблюдения противопожарных расстояний на распространение горения при производстве судебных нормативных пожарно-технических экспертиз // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2022. № 2 (25). С. 24-30.

Original article

## ANALYSIS OF THE EFFECT OF NON-COMPLIANCE WITH FIRE DISTANCES ON COMBUSTION PROPAGATION DURING JUDICIAL STANDARD FIRE AND TECHNICAL EXPERTISE

*Natalya V. Petrova<sup>1</sup>*  
*Sofya F. Lobova<sup>2</sup>*  
*Aleksandr E. Gajdukevich<sup>3</sup>*

*Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, Russia*

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-2478-6736>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-7200-599X>

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-5690-635X>

*Corresponding author: Natalya V. Petrova, n-youn@mail.ru*

**Abstract.** The features of computer simulation within the framework of judicial standard fire and technical examinations are considered in order to assess the impact of non-compliance of fire distances on the spread of combustion between buildings, structures and other facilities. An example of modeling of the fire spread to the gas distribution cabinet during burning of combustible material stored in the protected area of the distribution equipment is given.

**Keywords:** standard fire and technical expertise, requirement, fire safety, fire distance, computer simulation

**For citation:** Petrova N.V., Lobova S.F., Gajdukevich A.E. Analysis of the effect of non-compliance with fire distances on combustion propagation during judicial standard fire and technical expertise // Siberian Fire and Rescue Bulletin 2022. № 2 (25). С. 24-30.

При производстве судебных нормативных пожарно-технических экспертиз (далее – СНПТЭ), выполняемых в судебно-экспертных учреждениях ФПС МЧС России, перед экспертами не редко ставятся вопросы об оценке влияния на распространение пожара несоответствий противопожарных расстояний между объектами различного назначения, поскольку они являются одним из типов противопожарных преград [1] и к их размерам установлены определенные требования.

Для ответа на подобные вопросы сотрудники пожарных лабораторий, в первую очередь, устанавливают перечень нормативных документов и нормативных правовых актов, содержащих требования к минимальным противопожарным расстояниям между рассматриваемыми объектами защиты, а также режимные требования, предъявляемые к содержанию данных расстояний в процессе эксплуатации.

Далее экспертами должны быть установлены фактические значения противопожарных расстояний и проведено их сравнение с нормативными величинами, которые устанавливаются в зависимости от различных пожарно-технических характеристик (назначения, года постройки и конструктивных особенностей объектов) рассматриваемых зданий, сооружений или иных объектов.

При установлении наличия в момент возникновения пожара несоответствий противопожарных расстояний или условий их содержания, сотруднику лаборатории требуется оценить, как повлияло данное нарушение на условия и способы распространения горения.

Для получения категоричной формы выводов при проведении подобных исследований в процессе производства экспертиз необходимо применять компьютерное моделирование, позволяющее восстановить сценарий распространения горения, наиболее приближенный к реальным условиям его течения. [2]

Для решения данной задачи из представленных на исследование материалов дела эксперту требуется собрать исходные данные, достаточные для построения расчетной модели. Исходными данными для расчета будет являться:

- информация о точном взаимном расположении рассматриваемых объектов относительно друг друга;

- информация о конструктивных особенностях объектов (геометрические параметры, тип материалов, используемых в конструкции и отделке фасадов зданий, сооружений, а также их пожароопасные характеристики);

- информация о погодных условиях, которые были в момент возникновения происшествия.

При этом важно отметить, что объем и точность собранных исходных данных будут напрямую влиять на возможность проведения моделирования, а также на корректность полученных результатов.

В данной работе авторами приводится пример использования компьютерного моделирования при производстве СНПТЭ, выполненной по арбитражному делу сотрудниками Исследовательского центра экспертизы пожаров.

На территории склада возникло горение. Огонь распространялся от объекта к объекту, расположенным на территории, в результате чего конструкции склада получили значительные повреждения, а хранившиеся материалы и продукция были уничтожены.

Сотрудниками подразделения проводились исследования с целью установления наличия причинно-следственной связи между нарушениями, касающимися несоблюдения противопожарных расстояний между объектами на складской территории, и распространением горения.

По данному делу были подготовлены заключения и установлено, что пожар возник за территорией объекта. Зоной очага пожара был участок, вплотную прилегающий к забору комплекса, на котором выгорела сухая трава.

В начальный период времени распространение горения происходило по сухой траве от точечного очага возгорания. При достижении металлического забора произошло распространение горения под нижней кромкой забора, расположенный на высоте 10-15 см от уровня земли, на сгораемый утеплитель, находившийся на территории комплекса на поддонах возле металлического забора. За счет воздействия лучистого потока факела пламени горящего утеплителя на металлические конструкции и арматуру газораспределительного шкафа (далее - ГРШ), расположенного неподалеку, произошла разгерметизация газопровода и выход газа под давлением с последующим его воспламенением и горением.

Далее за счет воздействия факела пламени горящего газа, сносимого западным ветром на юго-западный угол склада, произошел значительный нагрев металлических конструкций здания стен и потеря ими несущей способности.

Из материалов дела было известно, что на территории комплекса складировался горючий утеплитель (в количестве двух поддонов) вплотную к забору, на расстоянии 4-5 метров от ГРШ. Данные о материале утеплителя на исследование представлены не были.

Поскольку ГРШ является составной частью газораспределительной сети, то на организацию огранной зоны вокруг него распространяются требования п. 7 и подпункта д) п. 14 [3], согласно которым территория размерами 10 метров от границ отдельно стоящих ГРШ, является охранной зоной, на которой запрещено устраивать свалки и склады.

Следовательно, хранение утеплителя, являвшегося горючим материалом, на расстоянии 4-5 от ГРШ, являлось нарушением требований п. 14 [3].

Для ответа на вопрос о распространении горения на ГРШ от хранившегося утеплителя, и, следовательно, установления наличия (либо отсутствия) причинно-следственной связи между нарушением нормативного требования и развитием пожара, сотрудниками было определено значение теплового потока, который передавался на ГРШ при горении поддонов с утеплителем.

Моделирование осуществлялось с применением оболочки PyroSim (код FDS ver. 5) [4].

Горючими утеплителями в основном являются утеплители из таких материалов, как пенополистирол и пенополиуретан. Поскольку в протоколе осмотра места происшествия были зафиксированы потеки материала черного цвета на площади 18 м<sup>2</sup>, и принимая во внимания данные [5], в которых содержится информация о том, что при горении пенополистирол образует расплавленную массу, горящие капли которой способствуют развитию пожара, эксперты предположили, что в данном случае складировался утеплитель из пенополистирола, т.к. при горении пенополиуретана расплавленной массы не образуется.

3-D модель исследуемой области представлена на рис. 1. Расчетная область включает в себя модель утеплителя и ГРШ. Тонкий нижний слой, моделирующий расплавление при горении утеплителя и его растекание, расположен на расстоянии 4,0 м от ГРШ. Сами паллеты утеплителя были расположены на расстоянии 5,0 м от ГРШ. Ввиду отсутствия точных данных высота двух паллет с утеплителем принималась равной 1,0 м.

Газораспределительный шкаф был задан вертикальной прямоугольной поверхностью. На данную поверхность от горящих паллет воздействовал тепловой поток.

Измерители падающего теплового поток были размещены на внешней поверхности ГРШ.

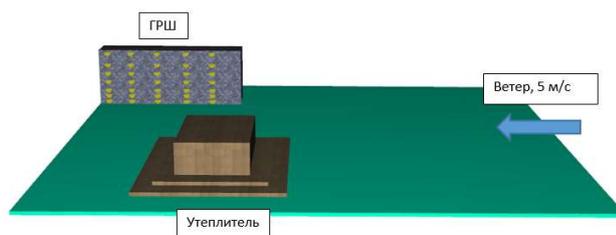


Рис. 1. Расчетная 3-D модель

При моделировании предполагалось, что вся поверхность паллет горит с постоянной массовой скоростью выгорания с момента начала расчета. Причем полагалось, что горячая нагрузка не выгорала.

Соответственно, в данном случае мощность тепловыделения при пожаре имела наибольшее значение, а значит для оценочного расчета достаточно было 120 с времени моделирования.

Размеры расчетной области составили 15,0×12,0×6,0 м. Границы расчетной области полагались открытыми. На одной из боковых сторон задавался воздушный поток 5 м/с.

Для расчета использовались равномерные прямоугольные сетки с размером ячеек 0,1 м (рис. 2). Общее количество ячеек составило 1 080 000.

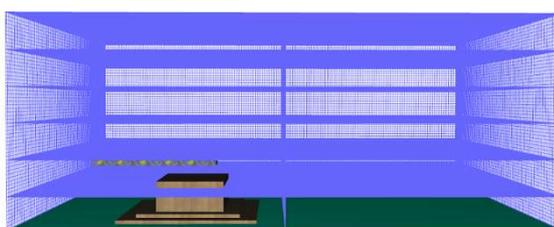


Рис. 2. Покрытие области расчетными сетками

Методология проведения расчетной оценки возможности распространения пожара между объектами, расположенными на расстоянии друг относительно друга, основывалась на концепции сравнения полученных в расчетах значений максимальных тепловых потоков с критическими значениями теплового потока, превышение которых является необходимым условием для воспламенения рассматриваемых горючих материалов.

В данной работе рассматривался тепловой поток, падающий на ГРШ.

Критические значения теплового потока для различных материалов принимались по данным [6].

Горючими и деформируемыми материалами, входящими в состав ГРШ, являлись металл, резиновая изоляция, лакокрасочные покрытия.

В качестве материала горючего утеплителя при моделировании рассматривался пенополистирол, параметры которого представлены в табл. 1.

**Таблица 1. Параметры горючей нагрузки [6-9]**

Параметр	Ед. изм.	Значение
Типовая горючая нагрузка		Пенополистирол
Q — Низшая теплота сгорания	МДж/кг	41,0
Массовая скорость выгорания	кг/м <sup>2</sup> с	0,025
Макс. выход сажи	кг/кг	0,166
Макс. выход СО	кг/кг	0,06

Характеристики окружающей среды задавались в соответствии с данными метеонаблюдений, содержащимися в материалах дела (температура воздуха – 10,2 °С; влажность – 38%; скорость ветра – 5 м/с, направление – Запад).

На рис. 3 представлена 3-D визуализация аварийной ситуации. Также на рис. 3 на все твердые поверхности наложено поле падающего теплового потока.

В результате проведенного моделирования пожара было получено, что на некоторые участки ГРШ значение падающего теплового потока излучения от пламени составило более 20 кВт/м<sup>2</sup>.

Сравнивая результаты моделирования с данными [6], эксперты пришли к выводу, что расчетные значения падающего на поверхность ГРШ теплового потока излучения при горении утеплителя превышают критические значения теплового потока для материалов, входящих в состав ГРШ (табл. 2).

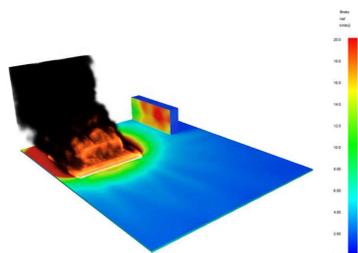


Рис. 3. 3-D модель горение утеплителя

Анализ полученных результатов моделирования показал, что значения падающего на ГРШ теплового потока в случае расположения горящего утеплителя на расстоянии 4,0 м являются для материалов, входящих в состав ГРШ, превышающими критические значения, что свидетельствует о возможности распространения пожара на ГРШ или о повреждении (деформации) его конструкций.

**Таблица 2. Итоговая таблица сравнения значений теплового потока**

Облучаемый объект	Материалы	Тепловой поток, кВт/м <sup>2</sup>	
		Критические значения [6]	Расчетные значения
ГРШ	Металлические конструкции, резина, лакокрасочное покрытие	14,8-25,0	> 20

Также необходимо отметить, что проведенное моделирование динамики пожара не рассматривало все возможные способы передачи тепла от очага пожара на соседний объект. В моделировании не учитывался перенос тепла искрами, который также увеличивает вероятность зажигания объекта, подвергающегося воздействию теплового потока.

Проанализировав полученные в результате моделирования данные, эксперты пришли к выводу, что нарушение, связанное со складированием в охранной зоне газораспределительной сети горючего утеплителя (несоблюдение требований подпункта д) п. 14 [3]) напрямую повлияло (т.е. состояло в причинно-следственной связи) на распространение горения от утеплителя к ГРШ.

В данной работе авторами наглядно показано, как результаты компьютерного моделирования могут и должны использоваться для ответа на вопросы, затрагивающие оценку влияния несоответствий противопожарных разрывов на распространение горения между различными объектами.

Полученные результаты моделирования позволили экспертам как подтвердить свои теоретические предположения, так и сформулировать выводы в категоричной форме.

#### Список источников

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон РФ №123-ФЗ от 22.07.2008 // Российская газета. – 2008. - №4720.

2. Воронов С.П., Кондратьев С.А., Петрова Н.В., Скодтаев С.В., Тумановский А.А. Судебная нормативная пожарно-техническая экспертиза. СПб., СПбУ ГПС МЧС России, 2014. 92 с.
3. Правила охраны газораспределительных сетей (утв. Постановлением Правительства РФ от 20.11.2000 г. №878).
4. [www.nist.gov](http://www.nist.gov).
5. Монахов В.Т. Показатели пожарной опасности веществ. Анализ и предсказание. Приложение 2. Справочные данные о пожарной опасности веществ и материалов. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2007. - 640 с.
6. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов / 2-е изд., испр. и доп. М.: ВНИИПО, 2019. 344 с.
7. Снегирев А.Ю., Талалов В.А. Теоретические основы пожаро- и взрывобезопасности. Горение неперемешанных реагентов: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 212 с.
8. Quintiere J.G. Principles of Fire Behaviour. New York: Delmar Publishers, 1997.
9. Appendix 3: Fuel properties and Combustion Data// SFPE Journal of Fire Protection Engineering. Fifth Edition. 2016. P. 3437-3475.

#### List of sources

1. Federal law of 22.07.2008 No. 123-FZ Technical regulations for fire safety requirements (with amendments as of 30.04.2021). [Electronic resource]. – Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/902111644>.
2. Voronov S.P., Kondrat'ev S.A., Petrova N.V., Skodtaev S.V., Tumanovskij A.A. Forensic regulatory fire and technical expertise. St. Petersburg, St. Petersburg State Fire Service EMERCOM of Russia, 2014. 92 p.
3. Rules for protection of gas distribution networks (approved by Decree of the Government of the Russian Federation of 20.11.2000 No. 878).
4. [www.nist.gov](http://www.nist.gov).
5. Monakhov V.T. Indicators of fire hazard of substances. Analysis and prediction. Appendix 2. Reference data on fire hazard of substances and materials. M.: FGU VNIPO EMERCOM of Russia, 2007. - 640 p.
6. Manual for Determination of Design Values of Fire Risk for Production Facilities/2nd ed., revised and additional M.: VNIPO, 2019. 344 p.
7. Snegirev A.YU., Talalov V.A Theoretical foundations of fire and explosion safety. Combustion of unmixed reagents: Training manual. St. Petersburg: Publishing House of Polytechnic University, 2008. 212 p.
8. Quintiere J.G. Principles of Fire Behaviour. New York: Delmar Publishers, 1997.
9. Appendix 3: Fuel properties and Combustion Data// SFPE Journal of Fire Protection Engineering. Fifth Edition. 2016. P. 3437-3475.

#### *Информация об авторах*

Н.В. Петрова - кандидат технических наук

#### *Information about the author*

N.V. Petrova - Ph.D. of Engineering Sciences

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 18.04.2022; одобрена после рецензирования 28.04.2022; принята к публикации 30.06.2022.

The article was submitted 18.04.2022, approved after reviewing 28.04.2022, accepted for publication 30.06.2022.