

УДК 614.841

avkhome@inbox.ru

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ
ПОЖАРА В МНОГОУРОВНЕВОЙ ОТКРЫТОЙ АВТОСТОЯНКЕ ПРИ
НАЛИЧИИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СТЕНЫ ВБЛИЗИ ОДНОЙ ИЗ СТОРОН**

**SIMULATION OF THE SPREAD OF FIRE HAZARDOUS FACTORS
IN A MULTI-LEVEL OPEN PARKING WITH THE PRESENCE
OF A FIRE WALL NEAR ONE OF THE SIDES**

*Карпов А. В., кандидат технических наук,
Цыбизова Р. К., Карпова И. А., Лучкин С. А.,
ФГБУ «Всероссийский Орден «Знак Почета» научно-исследовательский
институт противопожарной обороны МЧС России», Балашиха*

*Karpov A., Tsybizova R., Karpova I., Luchkin S.,
All-Russian Research Institute of
Fire Defense of EMERCOM of Russia, Balashikha*

Обеспечение пожарной безопасности автостоянок является чрезвычайно актуальной задачей. При этом одним из важных вопросов является предотвращение распространения пожара между автостоянкой и соседними объектами. В случае невозможности соблюдения противопожарных разрывов широкое распространение получило применение противопожарных стен. Вместе с тем в случае, когда такая стена расположена вблизи открытой автостоянки, она неизбежно будет оказывать влияние на ее проветриваемость и распространение опасных факторов пожара. В связи с этим в данной работе проведено моделирование распространения опасных факторов пожара в открытой многоуровневой автостоянке. Путем сравнительного анализа результатов моделирования было исследовано влияние противопожарной стены, расположенной вблизи от одной из длинных открытых сторон автостоянки, в том числе при наличии ветра.

Ключевые слова: пожар в открытой автостоянке, математическое моделирование, предотвращение распространения пожара, противопожарная стена.

The maintenance of the fire safety of parkings is an extremely important task. Herewith one of the important issues is to prevent the spread of fire between the parking and neighboring objects. If it is impossible to comply the fire separation distance, the use of fire walls is widely spread. At the same time, when such a wall is located near an open parking, it will inevitably affect the ventilation of the parking and the spread of fire hazardous factors. So, in this paper the simulation of the fire hazardous factors spread in an open multi-level parking is carried out. The influence of a fire wall located near one of the long open sides of the parking, including in the presence of wind, was investigated by means comparative analysis of the simulation results.

Keywords: fire in open parking, mathematical modeling, prevention of fire spread, fire wall.

Введение

Несмотря на наметившуюся тенденцию к снижению количества пожаров автотранспортных средств и зданий, предна-

значенных для их хранения, вопрос обеспечения пожарной безопасности указанных объектов является весьма актуальным.

Данные о пожарах ФБД «Пожары» на объектах хранения и обслуживания автомобилей за 2019, 2020 гг. приведены в таблице.

Таблица
Статистические данные о пожарах в автостоянках

Наименование объекта	2019 г.				2020 г.			
	Кол-во пожаров, ед.	Кол-во погибших, чел.	Кол-во травмированных, чел.	Прямой ущерб, тыс. руб.	Кол-во пожаров, ед.	Кол-во погибших, чел.	Кол-во травмированных, чел.	Прямой ущерб, тыс. руб.
Сооружение открытой многоместной стоянки	7	0	0	2960	11	0	0	595
Закрытая многоместная стоянка	62	0	4	25146	47	1	2	37666
Индивидуальный гаражный бокс	2070	38	75	50919	2472	41	81	68731
Открытая стоянка автотранспорта и др. техники	18	0	0	209	13	1	2	2230
Здание, помещ. автосервиса, станции, центра тех.обсл., авто-, шиномонт. мастерской	153	4	7	45497	153	2	15	20564

Вопросам обеспечения пожарной безопасности автостоянок посвящено большое количество научных публикаций. Среди работ, посвященных пожарной безопасности открытых автостоянок, можно отметить в частности работы [1, 2]

Одним из важных вопросов является предотвращение распространения пожара между автостоянкой и соседними объектами. Часть 1 статьи 37 Технического регламента [3] предусматривает следующие способы предотвращения распространения пожара между объектами:

- 1) противопожарные стены;
- 2) противопожарные перегородки;
- 3) противопожарные перекрытия;
- 4) противопожарные разрывы;
- 5) противопожарные занавесы, шторы и экраны (экраны стены);

6) противопожарные водяные завесы;

7) противопожарные минерализованные полосы.

При этом при невозможности соблюдения противопожарных разрывов наибольшее распространение получило применение противопожарных стен. Вместе с тем при применении данного способа в случае открытой автостоянки противопожарная стена будет неизбежно оказывать влияние на условия проветриваемости. С целью проведения количественной оценки такого влияния в данной работе была проведена серия расчетов с использованием полевого метода математического моделирования пожара.

Постановка задачи

Было рассмотрено здание четырехэтажной наземной открытой автостоянки размерами в плане 16,8×47,4 м и высотой 15 м. для предотвращения распространения пожара на соседнее здание на расстоянии 0,45 м от фасада автостоянки расположена противопожарная стена. Были рассмотрены следующие сценарии развития пожара

Сценарий-1. Пожар возникает на втором этаже паркинга. Схема расчетной области представлена на рис. 1, 2. Учитывается наличие стены 1-го типа на расстоянии 0,45 м от длинной стороны паркинга. Ветер отсутствует.

В соответствии с функциональным назначением помещения очага пожара

(стоянки легковых автомобилей) данные о свойствах горючей нагрузки были приняты согласно [4].

Сценарий-2. Сценарий пожара аналогичен сценарию-1, однако стена первого типа отсутствует. При этом автостоянка является открытой (в соответствии с определением п. 3.3 СП 4.13130.2013 [5]) и в соответствии с СП 7.13130.2013 [6] систему противодымной вентиляции предусматривать не требуется.

Сценарий-3. Сценарий пожара аналогичен сценарию-1, учитывается влияние ветра. В соответствии с СП 131.13330.2020 [7] скорость ветра была принята равной 2 м/с.

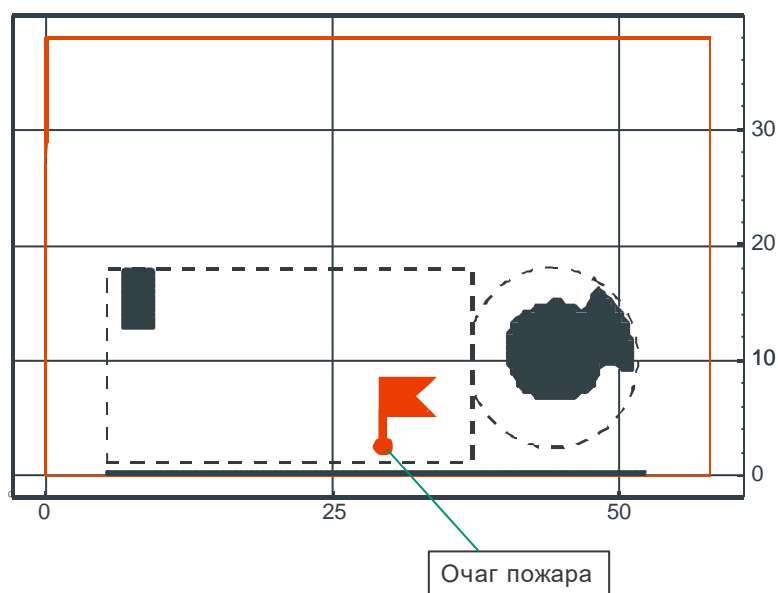


Рисунок 1. Схема расчетной области для сценария-1.
Горизонтальное сечение на высоте 1,7 м от уровня пола 2 этажа

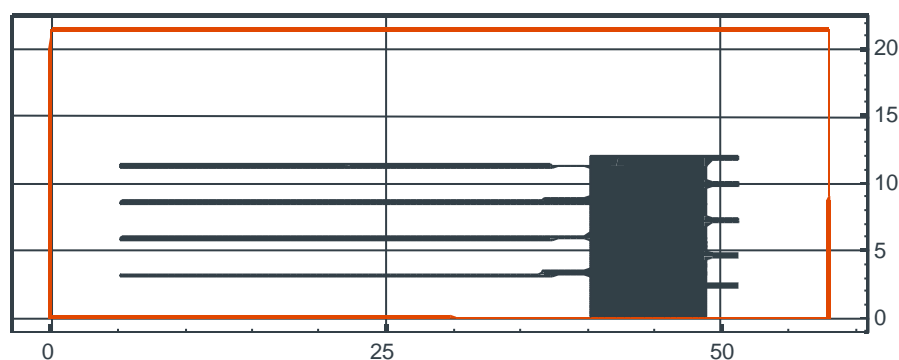


Рисунок 2. Схема расчетной области для сценария-1.
Продольное вертикальное сечение

Математическая модель

Использованная для прогнозирования развития пожара математическая модель включала в себя уравнение неразрывности, уравнения сохранения импульса, уравнение сохранения энергии, уравнения переноса для массы паров горючего и функции смешения, а также уравнений $k - \varepsilon$ модели турбулентности с поправкой на влияние естественной конвекции. Для моделирования горения использовалась диффузионно-вихревая модель Магнусена – Хьертагера. Для расчета переноса тепла излучением использовалась модель дискретного радиационного теплопереноса. Данная математическая модель была реализована с помощью программного комплекса SOFIE [8].

При определении времени блокирования путей эвакуации учитывались следующие опасные факторы пожара: потеря видимости в дыму, повышение температуры до критического значения $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (343 K), повышение концентрации монооксида углерода CO до критического значения $1,16 \cdot 10^{-3}\text{ кг/м}^3$.

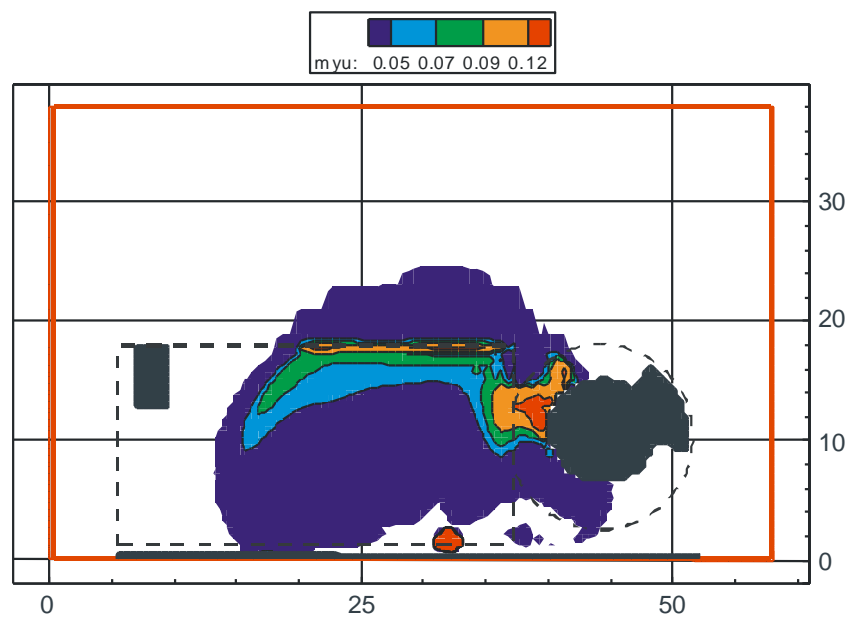
В качестве критического расстояния для оценки времени блокирования по потери видимости в дыму было выбрано значение оптической плотности дыма $0,12\text{ Нп/м}$.

Результаты моделирования

Сценарий-1. На рис. 3 представлена оптическая плотность дыма в горизонтальном сечении на высоте $1,7\text{ м}$ от пола на этаже пожара. Из рисунков видно, что до момента времени 180 с (рис. 3а) оптическая плотность на высоте $1,7\text{ м}$ от уровня путей достигает критического значения лишь в отдельных местах автостоянки на незначительной площади. Опускание дыма на значительной части площади этажа пожара автостоянки, приводящее к блокированию путей эвакуации, происходит лишь к моменту времени 240 с (рис. 3б).

На рис. 4 представлена оптическая плотность дыма в вертикальном поперечном сечении. Из рисунков видно, что на вышележащих этажах автостоянки к моменту времени 240 с оптическая плотность дыма не превышает критического значения.

а)



б)

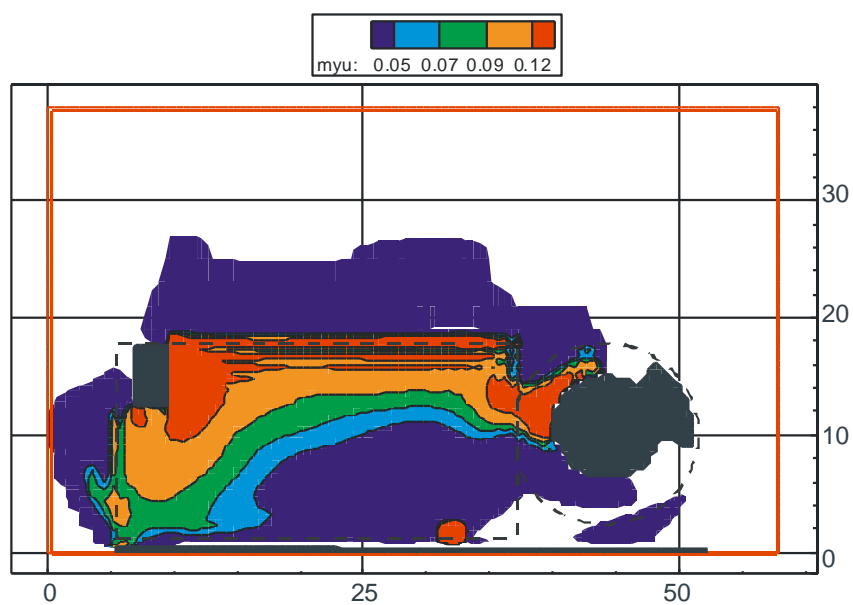
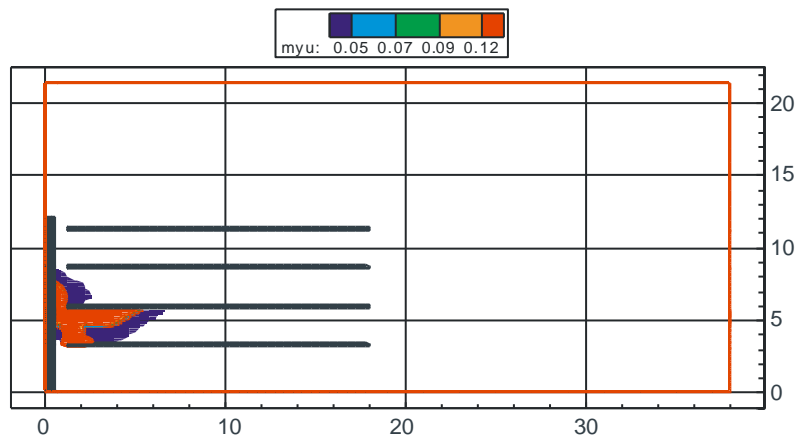
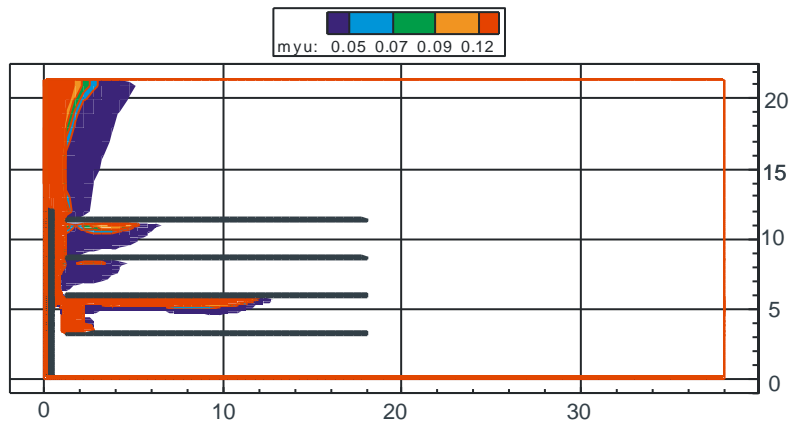


Рисунок 3. Оптическая плотность дыма (H_p/m) в горизонтальном сечении на высоте 1,7 м от уровня пола этажа пожара в моменты времени 180 с (а), 240 с (б) для сценария-1

а)



б)



в)

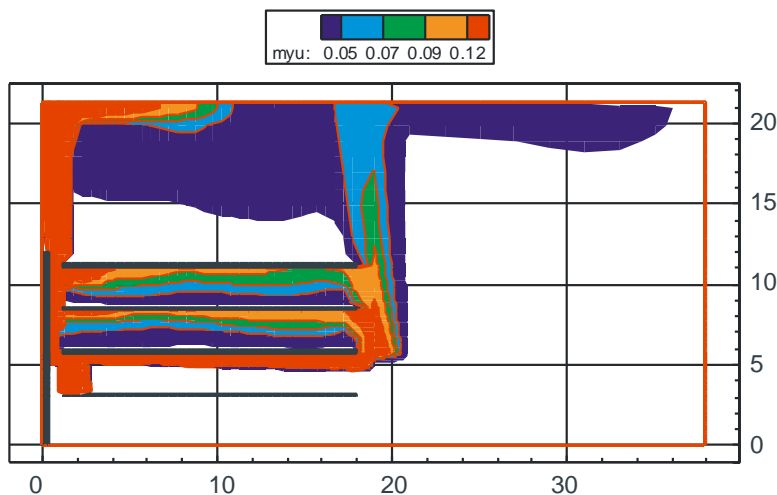


Рисунок 4. Оптическая плотность дыма (Нп/м) в поперечном вертикальном сечении в моменты времени 30 с (а), 60 с (б) и 240 с (в) для сценария-1

Сценарий-2. На рис. 5, 6 представлена оптическая плотность дыма в горизонтальном сечении на высоте 1,7 м на этаже пожара. Из рисунков видно, что до

момента времени 180 с (рис. 5) оптическая плотность на высоте 1,7 м от уровня путей превышает критическое значение лишь в

отдельных местах этажа пожара на незначительной площади. Блокирование путей эвакуации на значительной части площади этажа пожара автостоянки наблюдается к моменту времени 240 с (рис. 6).

Оптическая плотность дыма в вертикальном поперечном сечении представлена на рис. 7. Из рисунков видно, что на вышележащем (третьем) этаже автостоянки к моменту времени 240 с происходит частичное блокирование путей эвакуации.

Сравнительный анализ результатов моделирования сценариев 1 и 2 показывает:

– блокирование путей эвакуации на этаже пожара в обоих сценариях начинается одновременно в момент времени 240 с;

– к моменту времени 300 с в сценарии-1 (при наличии стены) блокируется большая площадь на этаже пожара, чем в сценарии-2 (при отсутствии стены). Однако в сценарии-2, начиная с момента времени 240 с, начинается блокирование путей эвакуации на 3 этаже, что не наблюдается к данному моменту времени в сценарии-1.

Таким образом, наличие стены на расстоянии 1 м от здания автостоянки не приводит к существенному ухудшению условий проветриваемости и обеспечения эвакуации.

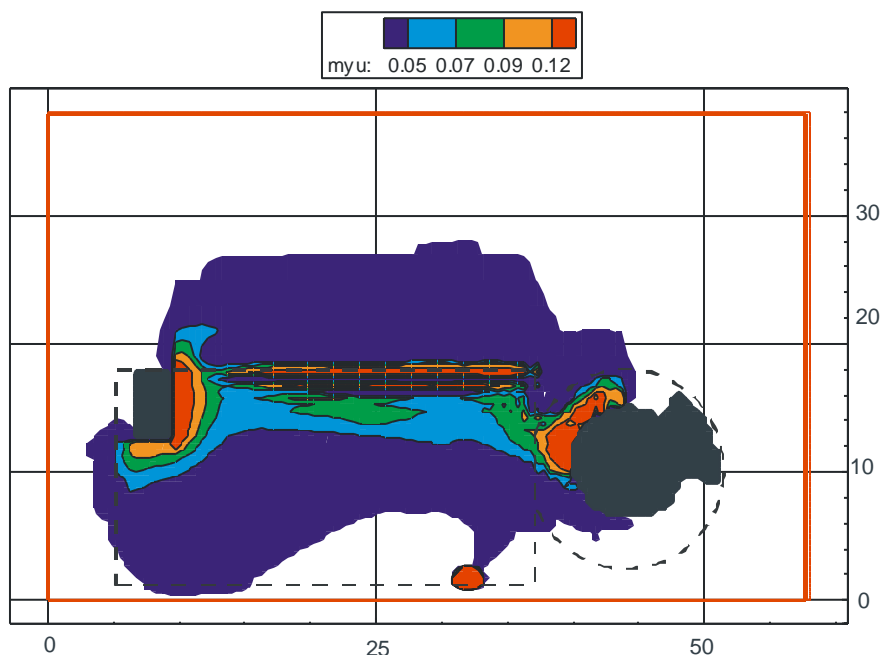


Рисунок 5. Оптическая плотность дыма (H_n/m) в горизонтальном сечении на высоте 1,7 м от уровня пола этажа пожара в момент времени 180 с для сценария-2

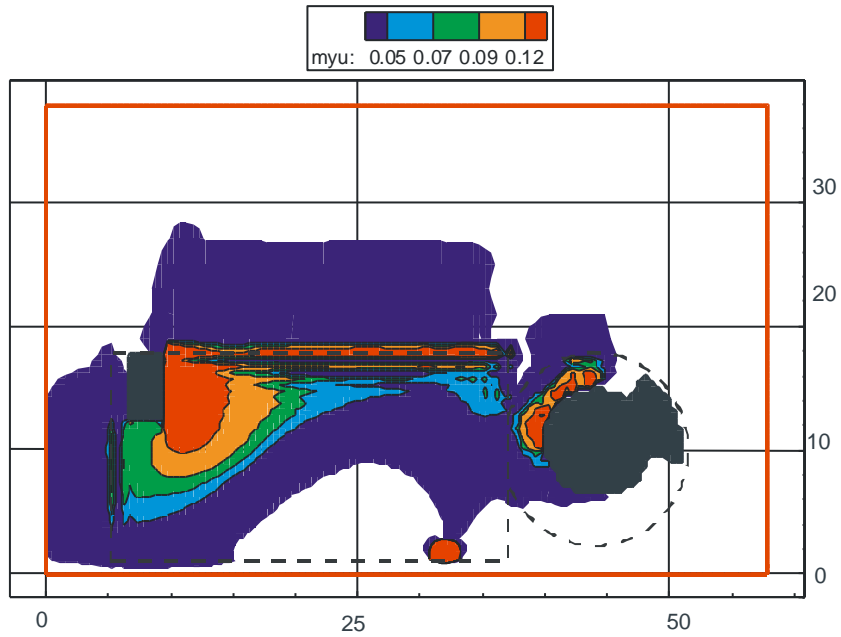
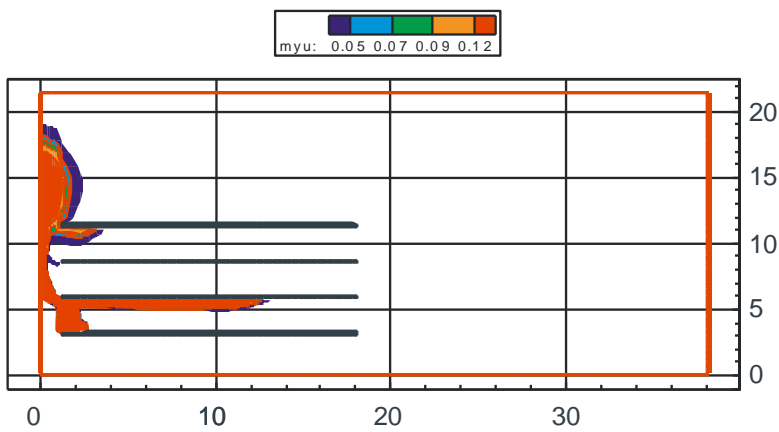
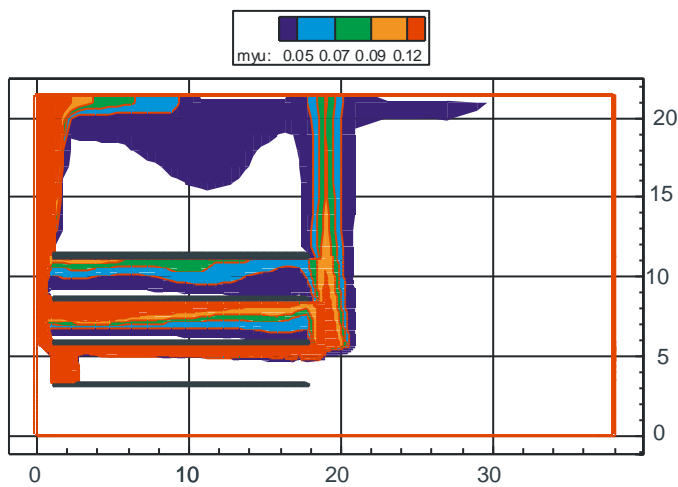


Рисунок 6. Оптическая плотность дыма (H_n/m) в горизонтальном сечении на высоте 1,7 м от уровня пола этажа пожара в момент времени 240 с для сценария 2

а)



б)



в)

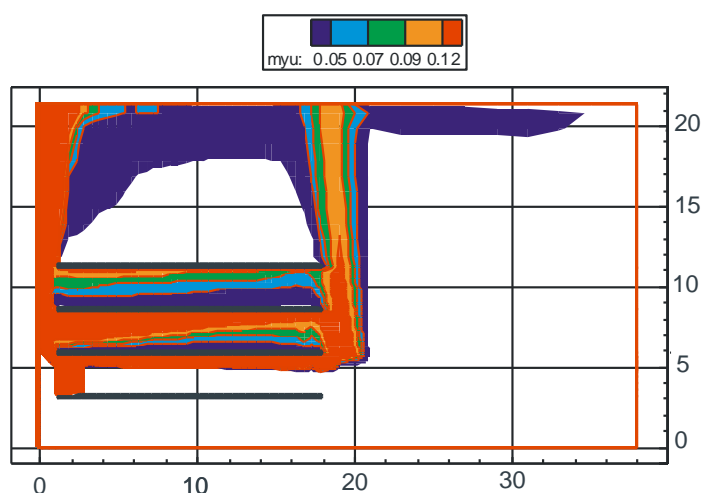
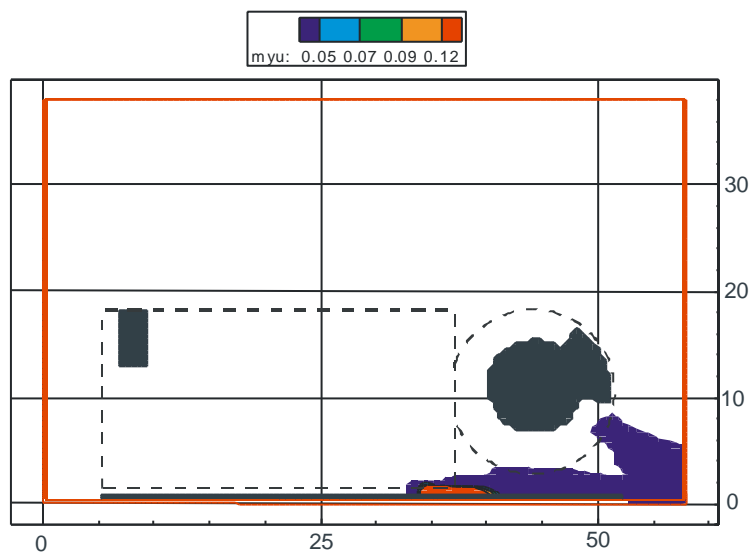


Рисунок 7. Оптическая плотность дыма (H_n/m) в вертикальном поперечном сечении в моменты времени 60 с (а), 240 с (б), 300 с (в)

Сценарий-3. Результаты моделирования пожара для сценария-3 представлены на рис. 8–10. Видно, что оптическая плотность дыма на этаже пожара к мо-

менту времени 300 с не достигает критического значения за исключением области восходящей свободно-конвективной струи.

а)



б)

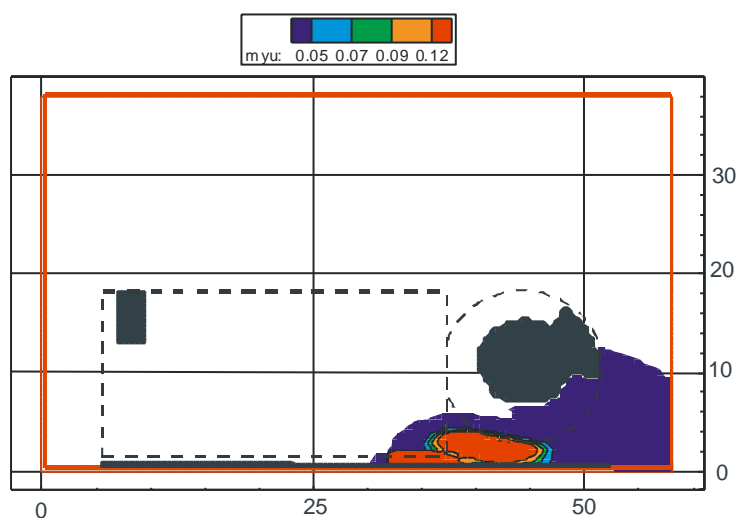


Рисунок 8. Оптическая плотность дыма (H_p/m) в горизонтальном сечении на высоте 1,7 м от уровня пола этажа пожара в моменты времени 60 с, 240 с для сценария-3

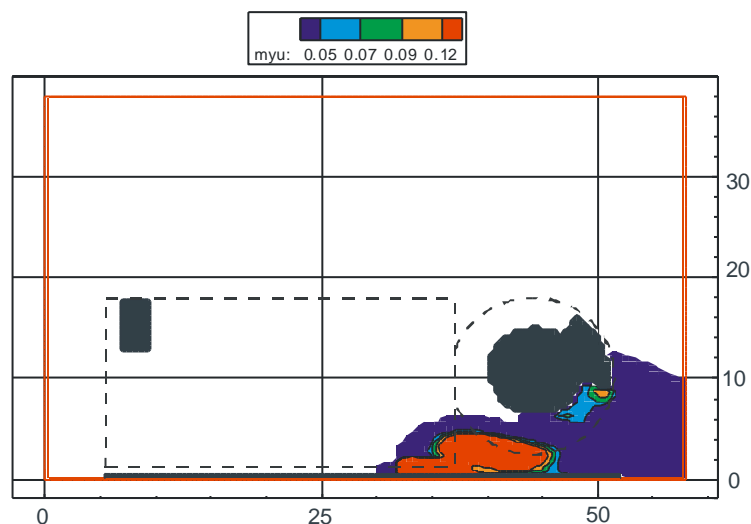


Рисунок 9. Оптическая плотность дыма (Hn/m) в горизонтальном сечении на высоте 1,7 м от уровня пола этажа пожара в момент времени 300 с для сценария-3

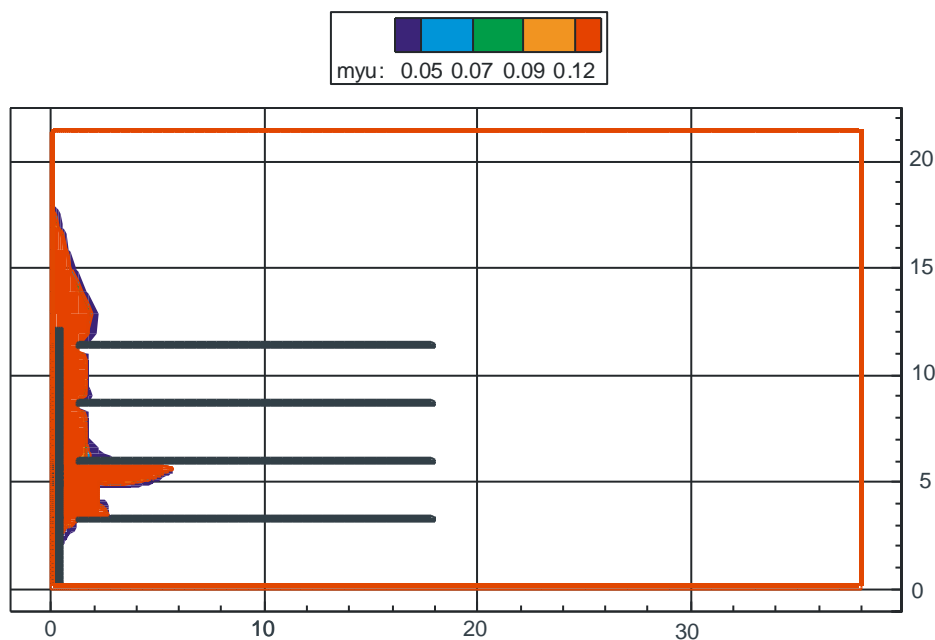


Рисунок 10. Оптическая плотность дыма (Hn/m) в вертикальном поперечном сечении автостоянки в момент времени 300 с для сценария-3

Выводы. С целью определения влияния стены 1-го типа, предусмотренной на расстоянии 0,45 м от длинной стороны многоуровневой автостоянки на ее проветриваемость, было проведено моделирование трех сценариев развития пожара для данного объекта:

Сценарий-1. Пожар на втором этаже паркинга. Учитывается наличие стены 1-го

типа на расстоянии 0,45 м от длинной стороны паркинга. Ветер отсутствует.

Сценарий-2. Аналогичен сценарию-1, однако стена первого типа отсутствует. При этом автостоянка является открытой (в соответствии с определением п. 3.3 СП 4.13130.2013) и в соответствии с СП 7.13130.2013 систему противодымной вентиляции предусматривать не требуется.

Сценарий-3 аналогичен сценарию-1, однако учитывается влияние ветра скоростью 2 м/с.

Сравнительный анализ результатов моделирования сценариев 1 и 2 показал:

– блокирование путей эвакуации на этаже пожара в обоих сценариях начинается одновременно в момент времени 240 с;

– к моменту времени 300 с в сценарии-1 критическое значение оптической плотности дыма наблюдается на большей площади на этаже пожара, чем в сценарии-2. Однако в сценарии-2, начиная с момента времени 240 с, наблюдается пре-

вышение критического значения оптической плотности дыма на 3 этаже, что не наблюдается к данному моменту времени в сценарии-1.

Результаты моделирования сценария 3 показали, что превышение критического значения оптической плотности дыма к моменту времени 300 с не происходит.

Таким образом, исходя из вышеизложенного наличие стены на расстоянии 0,45 м от рассмотренного здания автостоянки не приводит к ухудшению условий проветриваемости и обеспечения эвакуации как при наличии, так и при отсутствии ветра.

Литература

1. Моторыгин Ю. Д., Литовченко И. О., Максимов А. В., Черных А. К. Оценка эффективности принятия решений по повышению пожарной безопасности на открытых автостоянках // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26, № 1. С. 25–31.
2. Литовченко И. О., Моторыгин Ю. Д. Методика снижения пожарной опасности в местах открытого хранения автотранспорта с использованием стохастических моделей // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2018. № 2. С. 29–36.
3. Федеральный закон № 123-ФЗ от 22 июля 2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
4. Пособие по применению Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. М., 2014. 226 с.
5. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям.
6. СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности.
7. СП 131.13330.2020. Строительная климатология (актуализированная редакция СНиП 23-01-99*).
8. Welch S., Rubini P., SOFIE, Simulations of Fires in Enclosures, User Guide, Cranfield University, 1996.

References

1. Motorygin Yu. D., Litovchenko I. O., Maksimov A. V., Chernykh A. K. Otsenka effektivnosti prinyatiya resheniy po povysheniyu pozharnoy bezopasnosti na otkrytykh avtostoyankakh // Pozharovzryvbezopasnost'. 2017. T. 26, № 1. P. 25–31.
2. Litovchenko I. O., Motorygin Yu. D. Metodika snizheniya pozharnoy opasnosti v mestakh otkrytogo khraneniya avtnransporta s ispol'zovaniem stokhasticheskikh modeley // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MChS Rossii. 2018. № 2. P. 29–36.
3. Federalniy zakon № 123-FZ ot 22 iyulya 2008 g. «Tekhnicheskiy reglament o trebovaniyakh pozharnoy bezopasnosti».
4. Posobie po primeneniyu Metodiki opredeleniya raschetnykh velichin pozharnogo riska v zdaniyakh, sooruzheniyakh i stroeniyakh razlichnykh klassov funktsional'noy pozharnoy opasnosti. M., 2014. 226 p.
5. SP 4.13130.2013. Sistemy protivopozharnoy zashchity. Ogranichenie rasprostraneniya pozhara na ob'ektakh zashchity. Trebovaniya k ob'emno-planirovochnym I konstruktivnym resheniyam.
6. SP 7.13130.2013. Otoplenie, ventilyatsiya I konditsionirovanie. Trebovaniya pozharnoy bezopasnosti.
7. SP 131.13330.2020. Stroitel'naya klimatologiya (akt. red. SNiP 23-01-99*).
8. Welch S., Rubini P., SOFIE, Simulations of Fires in Enclosures, User Guide, Cranfield University, 1996.