

Научная статья  
УДК 679.9  
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2023.84.12.017

## Оценка эффективности системы вытяжной противодымной вентиляции при расположении клапанов дымоудаления ниже верхнего уровня дверного проема

*Николай Дмитриевич Солнцев*<sup>1</sup>  
*Андрей Александрович Копылов*<sup>2</sup>  
*Никита Михайлович Никитин*<sup>3</sup>

*Академия ГПС МЧС России, Москва, Россия*

<sup>1</sup><https://orcid.org/0009-0006-7955-3362>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-4066-2792>

<sup>3</sup><https://orcid.org/0009-0003-8936-3608>

*Автор ответственный за переписку: Никита Михайлович Никитин, nikita-nikitin01@inbox.ru*

**Аннотация.** Выполнена оценка эффективности системы вытяжной противодымной вентиляции, при расположении дымоприемного устройства ниже верхнего уровня дверного проема. Проведено моделирование распространения опасных факторов пожара на основе полевого метода и моделирование эвакуации людей из здания на основе индивидуально-поточного метода. Сформирована методика для оценки эффективности работы системы вытяжной противодымной вентиляции.

**Ключевые слова:** пожар; система противодымной вентиляции; опасные факторы пожара; эффективность; эвакуация; безопасность; токсичность

**Для цитирования:** Солнцев Н.Д., Копылов А.А., Никитин Н.М. Оценка эффективности системы вытяжной противодымной вентиляции при расположении клапанов дымоудаления ниже верхнего уровня дверного проема // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2023. № 2(29). С. 24-36. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2023.84.12.017>.

Original article

## EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE EXHAUST SMOKE VENTILATION SYSTEM WHEN THE SMOKE EXHAUST VALVES ARE LOCATED BELOW THE UPPER LEVEL OF THE DOORWAY

*Nikolai D. Solntsev*<sup>1</sup>  
*Andrey A. Kopylov*<sup>2</sup>  
*Nikita M. Nikitin*<sup>3</sup>

*SFA of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia*

<sup>1</sup><https://orcid.org/0009-0006-7955-3362>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-4066-2792>

<sup>3</sup><https://orcid.org/0009-0003-8936-3608>

**Corresponding author:** Nikita M. Nikitin, [nikita-nikitin01@inbox.ru](mailto:nikita-nikitin01@inbox.ru)

**Annotation.** The effectiveness of the exhaust smoke ventilation system was assessed when the smoke intake device is located below the upper level of the doorway. The simulation of the spread of fire hazards based on the field method and the simulation of the evacuation of people from the building based on the individual flow method were carried out. A methodology for evaluating the efficiency of the exhaust smoke ventilation system has been developed.

**Keywords:** fire; smoke ventilation system, fire hazards, efficiency, evacuation, safety, toxicity

**For citation:** Solntsev N.D., Kopylov A.A., Nikitin N.M. Evaluation of the efficiency of the exhaust smoke ventilation system when the smoke exhaust valves are located below the upper level of the doorway // Siberian Fire and Rescue Bulletin 2023. № 2(29). С. 24-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2023.84.12.017>.

## Введение

Основной задачей систем вытяжной противодымной вентиляции является предотвращение или ограничение опасности задымления зданий и сооружений при пожаре, а также воздействия опасных факторов пожара на людей. Наиболее распространенными зонами защиты системами вытяжной противодымной вентиляции в зданиях и сооружениях являются основные пути эвакуации людей – общие коридоры, холлы, вестибюли, галереи.

Наличие систем противодымной вентиляции в значительной мере влияет на время воздействия или полное исключение воздействия на людей опасных факторов пожара, таких как снижение видимости в дыму и повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, и, как следствие, на увеличение времени блокирования путей эвакуации и повышение значения вероятности эвакуации людей из здания при пожаре.

По результатам расчетных обоснований безопасной эвакуации людей при пожаре, а также расчетов пожарных рисков, показатели по потере видимости (снижению видимости в дыму) наиболее часто первыми достигают своих предельно допустимых значений. Кроме того, по статистическим данным, основной причиной гибели людей является отравление продуктами горения при пожаре – более 60% случаев, с подавляющим большинством количества пожаров и погибших людей – в зданиях с этажностью до 9 этажей включительно, т.е. в зданиях, зачастую не оборудованных системами противодымной вентиляцией [1].

Вместе с тем, даже в зданиях, оснащенных системами противодымной защиты, нередко встречаются нарушения требований нормативных документов по пожарной безопасности в части их правильности устройства, работоспособности элементов систем. Причины могут быть различными, от некорректности при проектировании систем, так и ошибок при монтаже или эксплуатации.

Таким образом, развитие и применение различных методов математического моделирования распространения ОФП и процесса эвакуации людей при пожаре, также методик проведения аэродинамических расчетов, испытаний в данной области – необходимы для обеспечения безопасности человеческой жизни.

**Целью работы** является подтверждение возможности обеспечения пожарной безопасности людей на объектах защиты, в которых расположение дымоприемных устройств систем вытяжной противодымной вентиляции в коридорах предусматривается ниже верхнего уровня дверных проемов эвакуационных выходов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **основные задачи:**

- проведение анализа методических рекомендаций по расчету параметров систем противодымной защиты зданий;
- проведение аэродинамического расчета;
- проведение моделирования распространения ОФП и эвакуации людей при пожаре;
- определение эффективности работы системы вытяжной противодымной вентиляции путем оценки полученных данных.

## Нормативная модель устройства СПДВ

В соответствии с ч. 1 ст. 55 Федерального закона № 123-ФЗ системы коллективной защиты людей от воздействия опасных факторов пожара должны обеспечивать безопасность людей в течение всего времени воздействия на них опасных факторов пожара [2].

Согласно ч. 1 ст. 56 Федерального закона № 123-ФЗ система противодымной защиты здания, сооружения должна обеспечивать защиту людей на путях эвакуации и в безопасных зонах от воздействия опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для эвакуации людей в безопасную зону, или всего времени развития и тушения пожара посредством удаления продуктов горения и термического разложения и (или) предотвращения их распространения [2].

Для реализации функций и задач, возложенных техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности на систему противодымной защиты, был разработан нормативный документ СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности». Данный нормативный документ является основным при проектировании системы вытяжной противодымной вентиляции [3].

В данной работе мы коснемся лишь некоторых требований СП 7.13130.2013, которые, по нашему мнению, достаточно часто вызывают проблему при проектировании и монтаже систем противодымной вентиляции [3].

п. 7.8 СП 7.13130.2013 регламентирует, что при удалении продуктов горения из коридоров дымоприемные устройства следует размещать на шахтах под потолком коридора, но не ниже верхнего уровня дверных проемов эвакуационных выходов. Данное требование обусловлено недопущением блокирования выходов и путей эвакуации, также возможностью предотвращения распространения ОФП в смежные зоны защиты. Ввиду заполнения припотолочного пространства инженерными коммуникациями здания, большой высоты дверных проемов, конструктивных и объемно-планировочных особенностей здания, данное требование выполнить не всегда представляется возможным [3].

Для проработки данной проблемы, в ряде случаев данное техническое решение допускается обосновывать расчетным способом в рамках специальных технических условий по пожарной безопасности, который должен подтвердить эффективность работы системы вытяжной противодымной вентиляции.

## Анализ методических рекомендаций

Значительное количество исследований в области противодымной защиты зданий было проведено профессорским и преподавательским составом Академии ГПС МЧС России.

Например, д.т.н., профессором, профессором кафедры пожарной безопасности в строительстве Академии ГПС МЧС России Есиным В.М. и к.т.н., доцентом кафедры пожарной безопасности в строительстве Академии ГПС МЧС России Калмыковым С.П. был проведен сравнительный анализ методик расчета требуемых параметров вентиляционных систем противодымной защиты многоэтажных зданий.

В работе были приведены основные инженерные методики для расчета требуемых параметров вентиляционных систем противодымной защиты многоэтажных зданий – ВНИИПО и НП АВОК, отмечено, что общей проблемой методик является недостаточный учет взаимного влияния систем приточной и вытяжной противодымной вентиляции.

Были проиллюстрированы данные расчетов, выполненные для схем лестнично-лифтовых узлов в зданиях повышенной этажности, во всех случаях считалось, что пожар возник на первом этаже здания. Расчет выполнялся с помощью инженерной методики и аэродинамических схем при разных вариантах состоянии дверных проемов из коридора в лестничную клетку, из лестничной клетки наружу и дверей шахт лифтов.

Были сделаны выводы, что расчеты параметров системы дымоудаления по инженерной методике практически совпадают с использованием аэродинамических схем здания; температура удаляемых продуктов горения существенно влияет на параметры системы вытяжной

противодымной вентиляции; также выбор параметров наружного воздуха оказывает существенное влияние на итоговые параметры расчета.

Исходя из вышеизложенного, необходимо рассмотреть вопрос о возможности введения дополнительных параметров, учитывающих объемно-планировочные решения здания и конструктивные особенности систем противодымной вентиляции, унификации методик, возможности образования обратного эффекта, например, блокирование дверей в лестничную клетку или путей эвакуации – при помощи современного программного обеспечения, реализующего полевую модель пожара.

### **Порядок проведения расчетов**

Так как ни одна из методических рекомендаций по проведению аэродинамического расчета для системы противодымной вентиляции не учитывает возможность отступления в части расположения дымоприемных устройств ниже верхнего уровня дверного проема, а по сути своей направлены на получение параметров вентиляционных установок, одного аэродинамического расчета будет недостаточно.

Работа системы вытяжной противодымной вентиляции считается эффективной тогда, когда люди успевают эвакуироваться из здания без воздействия на них критических параметров ОФП. Исходя из этого, будет целесообразным проведение моделирования распространения ОФП и эвакуации людей из здания, с учетом работы системы вытяжной противодымной вентиляции, высотой расположения дымоприемных устройств и параметров вентиляционной установки – с целью подтверждения выполнения или невыполнения основных задач и функций, возложенных на систему противодымной вентиляции.

Исходя из вышесказанного, для проведения данного расчета предлагается использование нескольких методик:

✓ 1-я часть состоит из проведения аэродинамического расчета путем применения методических рекомендаций НЕКОМЕРЧЕСКОГО ПАРТНЕРСТА «АВОК» (Р НП «АВОК» 5.5.1-2018) [4].

Расчет системы противодымной вентиляции здания производится при следующих исходных данных:

- пожар происходит на нижнем типовом этаже здания;
- окна помещения, где возник пожар, и выбросные проемы систем дымоудаления выходят на наветренный фасад здания, входная дверь здания и воздухозаборные проемы систем подпора выходят на заветренный фасад здания;
- дымоприемные устройства размещаются ниже верхнего уровня дверного проема, но не ниже 1,7 м от уровня пола;
- очаг пожара находится в помещении смежном защищаемому коридору с наибольшей пожарной нагрузкой.

✓ 2-я часть заключается в моделировании пожара (сценарии пожара предусматриваются в одном из смежных помещений, защищаемому системой противодымной вентиляции коридору), отображении планов и графиков распространения ОФП, а также моделировании эвакуации людей с учетом распространения ОФП при работе системы вытяжной противодымной вентиляции и отображения соответствующих графиков и таблиц.

Расчет выполняется на основании Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденной Приказом МЧС РФ от 30.06.2009 г. № 382 [5].

Настоящая часть расчета определяет возможность эвакуации людей в безопасную зону или наружу с учетом создаваемых условий системой вытяжной противодымной вентиляции, также графики и рисунки с отображением перемещения ОФП и возможности блокирования ими путей эвакуации.

Критическое время по ОФП определяется как время достижения ОФП предельно допустимого значения на путях эвакуации на высоте 1,7 м от пола [5].

### Описание объекта исследования

В качестве объекта исследования была выбрана система вытяжной противодымной вентиляции здания ГБОУ города Москвы «Школа №1530 «Школа Ломоносова», расположенного по адресу: г. Москвы, ул. Стромынка, д. 17.

Здание 4-х этажное с подвальным этажом, II-й степени огнестойкости. Здание построено по индивидуальному проекту, общей площадью 11 117,7 м<sup>2</sup>.

Системой вытяжной противодымной вентиляции защищается один угловой коридор на каждом этаже без естественного проветривания при пожаре длиной более 15 м (фактическая длина 17 м).

Дымоприемные устройства располагаются на высоте 1,7 м от уровня пола. Высота дверного проема составляет порядка 1,9 м.

Ширина двери из коридора в лестничную клетку составляет 0,9 м, высота – 2,0 м.

Размеры дымоприемного устройства (клапана дымоудаления) составляют 0,7 x 0,5 м.

Размеры проходного сечения шахты – 0,7 x 0,5 м. Материал шахты – кирпич.

Высота до выбросного отверстия системы вытяжной противодымной вентиляции составляет 13,0 м.

Расстояние по вертикали от верхнего клапана дымоудаления до выбросного отверстия – 6,0 м.

Климатические параметры в расчете принимались согласно СП 131.13330.2020 для теплого периода года.

Шахта дымоудаления вертикальная, смещение осей не предусматривается. Горизонтальные ответвления отсутствуют.

На кровле здания установлен вентилятор дымоудаления радиальный крышной с выходом потока вверх «ВРКВ-ДУ (ТУ 4861-046-40149153-03)».

### Основные расчетные величины для проведения аэродинамического расчета

Расчетные величины, принятые для проведения аэродинамического расчета, представлены в табл.1 [4].

**Табл.1. Основные расчетные величины**

№	Формула	Пояснение
(1)	$\rho_n = 353/T_n$ ; $\rho_{пр} = 353/T_{пр}$	Плотность наружного воздуха $\rho_n$ и продуктов горения $\rho_{пр}$ , кг/м <sup>3</sup> , вычисляются в соответствии с их температурой
(2)	$T_n = (T_n + T_n) / 2$	Температура воздуха в здании при работе системы противодымной защиты $T_n$ , К
(3)	$\rho_n = 353/T_n$	Плотность приточного воздуха $\rho_n$ , кг/м <sup>3</sup>
(4)	$G_{пр} = AB_n H_n 3/2$	Массовый расход продуктов горения, удаляемых из коридора, $G_{пр}$ , кг/с
(5)	$F_{кл} = (a_{кл} - 0,03)(b_{кл} - 0,05)$	Площадь проходного сечения дымового клапана, м <sup>2</sup> ; принимают по данным фирмы-изготовителя или вычисляют по формуле
(6)	$V_{кл} = G_{пр} / (F_{кл} * \rho_{пр})$	Скорость продуктов горения в клапане $V_{кл}$ , м/с
(7)	$\Delta P_{кл} = (\xi_{кл} * \rho_{пр} * V_{кл}^2) / 2$	Потери давления в дымовом клапане $\Delta P_{кл}$ , Па
(8)	$d_{экр} = 2f_{ш} / a_{ш} + b_{ш}$	Эквивалентный диаметр проходного сечения, м
(9)	$P_{ши1} = 0,4\rho_n V_{ш}^2 - gh_i(\rho_n - \rho_n)$ ; $P_{шиi} = -0,3\rho_n V_{ш}^2 - gh_i(\rho_n - \rho_n)$	Распределение наружных давлений со стороны наветренного $P_{ши1}$ , заветренного $P_{шиi}$ фасадов на уровне i-го этажа
(10)	$P_{вi} = (P_{ши1} + P_{шиi}) / 2$	Давление внутри здания на уровне i-го этажа $P_{вi}$ , Па
(11)	$P_{ш1} = P_{ши1} - \Delta P_{кл}$	Давление в шахте дымоудаления на уровне 1-го обслуживаемого этой шахтой этажа $P_{ш1}$ , Па
(12)	$V_{ш1-i} = G_{ш1-i} / a_{ш} b_{ш} \rho_{ш1-i}$	Скорость продуктов горения в шахте дымоудаления между i-1-м и i-м этажами $V_{ш1-i}$ , м/с
(13)	$P_{ши} = P_{ши-1} - \lambda(h_{ш}/d_{экр})(\rho_{ши-1,i} * V_{ш1-i}^2 / 2)$	Давление в шахте дымоудаления на уровне i-го этажа $P_{ши}$ , Па

(14)	$S_{ш} = S_{уд}/F_{кл}^2$	Характеристика сопротивления газопрониканию шахты с установленными в ней закрытыми клапанами, 1/(кг * м)
(15)	$G_{фi} = ((P_{ви} - P_{ши})/S_{ш})/1/2$	Массовый расход воздуха, поступающего в шахту дымоудаления через неплотности и щели дымового клапана и стен шахты соответственно на 2-м, 3-м и i-1-м этажах, кг/с
(16)	$T_i = (T_{в}G_{ви} + T_{ш}G_{ш})/(G_{ш} + G_{ви})$	Температуру продуктов горения в шахте дымоудаления на уровне i-го этажа $T_i$ , К
(17)	$P_{выбр} = 0,4\rho_{ш}V_{ш}^2 - g \cdot h_{выбр}(\rho_{ш} - \rho_{н})$	Давление на уровне выброса продуктов горения $P_{выбр}$ , Па
(18)	$L_{вент} = 3600(G_{ш} + G_{ан})/p_{н}$	Производительность вентилятора дымоудаления $L_{вент}$ , м <sup>3</sup> /ч
(19)	$P_{вент} = P_{ш.в} - P_{ш.н} + g h_{ш}(\rho_{ш} - \rho_{н}) + \Delta P_{ссти}$	Давление, которое должен обеспечивать вентилятор дымоудаления, $P_{вент}$ , Па

Результаты проведения аэродинамического расчета были сведены в табл.2.

**Табл.2. Результаты расчета**

Результаты расчёта	
Температура продуктов горения в шахте дымоудаления на уровне последнего этажа (°С)	72
Плотность продуктов горения в шахте дымоудаления на уровне последнего этажа (кг/м <sup>3</sup> )	1,02
Температура продуктов горения (°С)	80
Производительность вентилятора (м <sup>3</sup> /ч)	13230
Давление вентилятора (Па)	333
Количество клапанов или дымоприёмных устройств на обслуживаемый коридор	1

В результате натурных испытаний и аэродинамического расчета, были получены сравнительные данные, представленные в табл.3.

**Табл.3. Результат натурных испытаний и аэродинамического расчета**

Фактические показатели (полученные в результате натурных испытаний)		Расчетные показатели (полученные в результате аэродинамического расчета)		Вывод
Производительность вентилятора $L_{вент;ф}$ , м <sup>3</sup> /ч	Давление вентилятора $P_{вент;ф}$ , Па	Производительность вентилятора $L_{вент;тр}$ , м <sup>3</sup> /ч	Давление вентилятора $P_{вент;тр}$ , Па	
13500	350	13230	333	соответствует

Результаты аэродинамического расчета являются положительным тогда, когда расчетные показатели ( $L_{вент;тр}$ ;  $P_{вент;тр}$ ) не превышают фактических показателей, полученных в результате натурных испытаний ( $L_{вент;ф}$ ;  $P_{вент;ф}$ ) существующей системы вытяжной противодымной вентиляции.

Далее, при построении полевой модели распространения ОФП при работающей системе вытяжной противодымной вентиляции, учитываются показатели, полученные в результате натурных испытаний (если они превышают или равны расчетным показателям), так как система дымоудаления на объекте исследования существующая. Также необходимо отметить, что при моделировании, для проектируемых объектов или на объекте, где только планируется разработка проектной/рабочей документации по оборудованию объекта защиты системой противодымной вентиляцией, необходимо учитывать расчетные показатели, полученные в результате аэродинамического расчета.

### Результаты математического моделирования распространения дыма при работающей системе вытяжной противодымной вентиляции

Для определения расчетных величин в здании были рассмотрены сценарии развития пожара, представлены табл.4.

**Табл.4. Сценарии развития пожара**

Наименование сценария	Расположение очага пожара	Очаг пожара	Параметры очага пожара
Сценарий 1	Этаж 1, Помещение 1	Очаг пожара 1	Горючая нагрузка: Спортзал Максимальная возможная площадь горения: 35,500 м <sup>2</sup> Площадь горения на момент последнего эвакуирующегося: 16,994 м <sup>2</sup> Удельная мощность 372,744 кВт/м <sup>2</sup>

Здание оборудовано системой дымоудаления, состоящей из элементов, представленных в табл.5:

**Табл.5. Элементы системы дымоудаления**

Расположение	Наименование	Тип	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	Размер, м	Высота от уровня этажа, м	Время включ., с
Этаж 1						
Стена 179	Вентиляция 1	Вытяжная	13500	0,7×0,5	1,7	60
Этаж 2						
Стена 380	Вентиляция 2	Вытяжная	13500	0,7×0,5	1,7	60
Этаж 3						
Стена 522	Вентиляция 3	Вытяжная	13500	0,7×0,5	1,7	60

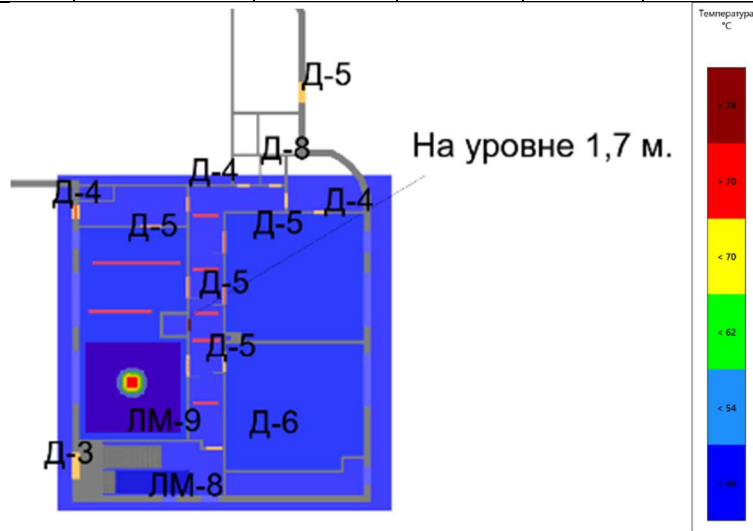


Рис.1. Часть 1-го этажа, защищаемая СПДВ. Температура на высоте 1,7 м от уровня этажа.  
 Время: 46,6 с с момента начало развития пожара

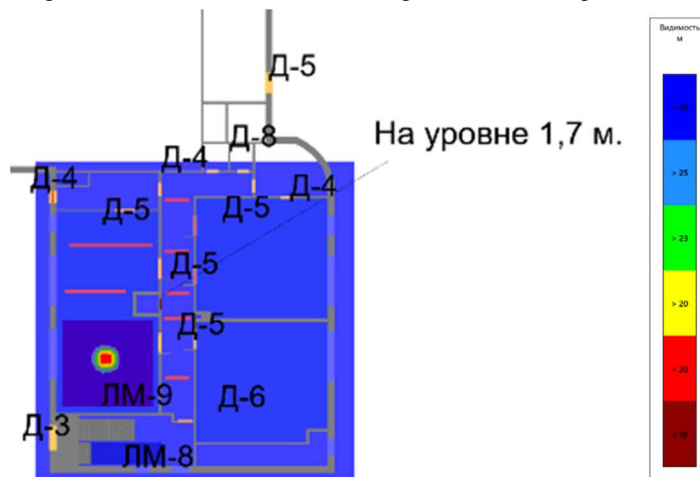


Рис.2. Часть 1-го этажа, защищаемая СПДВ. Видимость на высоте 1,7 м от уровня этажа.  
 Время: 46,6 с с момента начало развития пожара

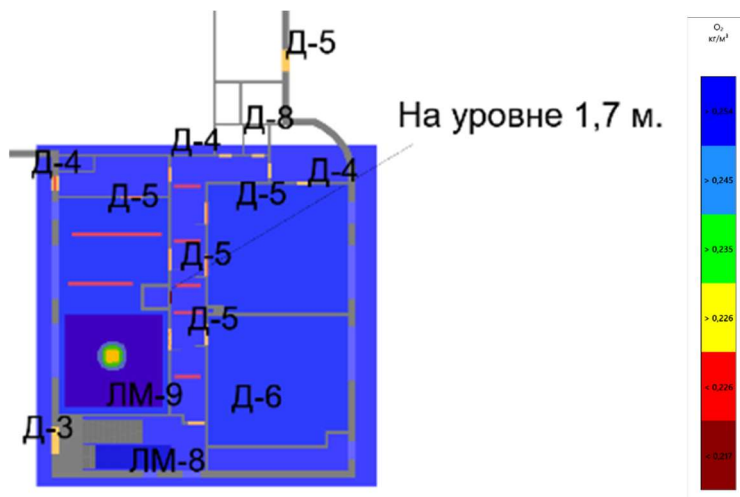


Рис.3. Часть 1-го этажа, защищаемая СПДВ.  $O_2$  на высоте 1,7 м от уровня этажа.  
Время: 46,6 с с момента начало развития пожара

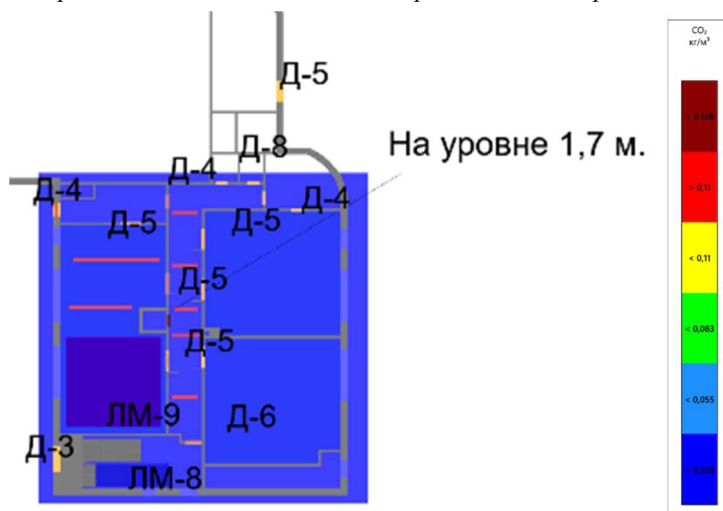


Рис.4. Часть 1-го этажа, защищаемая СПДВ.  $CO_2$  на высоте 1,7 м от уровня этажа.  
Время: 46,6 с с момента начало развития пожара

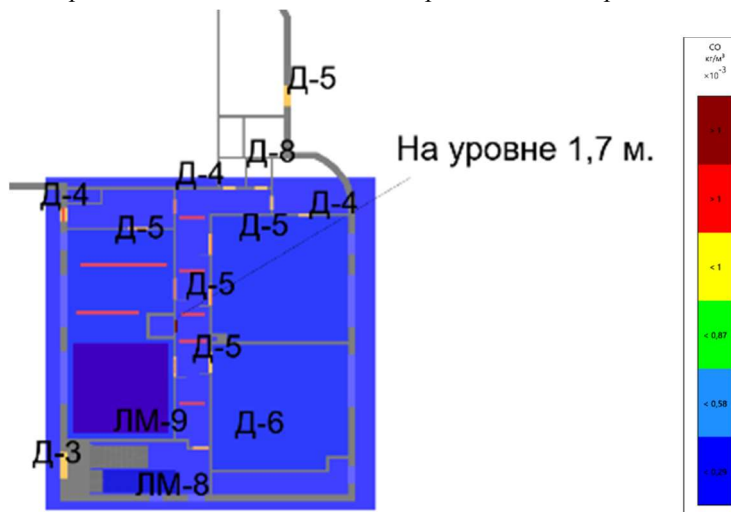


Рис.5. Часть 1-го этажа, защищаемая СПДВ.  $CO$  на высоте 1,7 м от уровня этажа.  
Время: 46,6 с с момента начало развития пожара



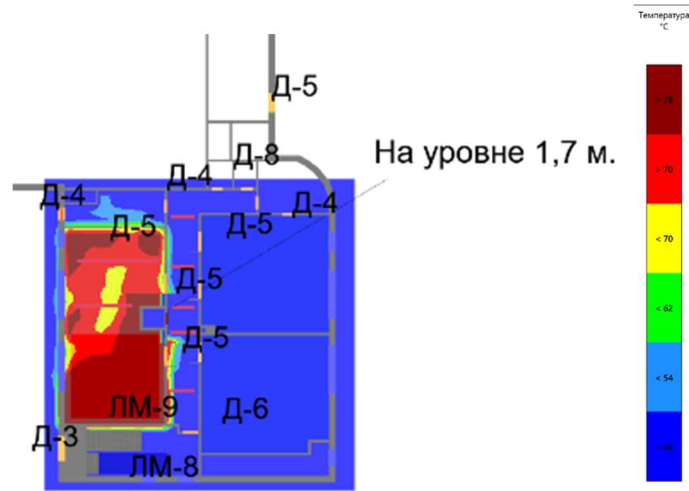


Рис.6. Часть 1-го этажа, защищаемая СПДВ. Температура на высоте 1,7 м от уровня этажа.  
Время: 209,8 с с момента начало развития пожара

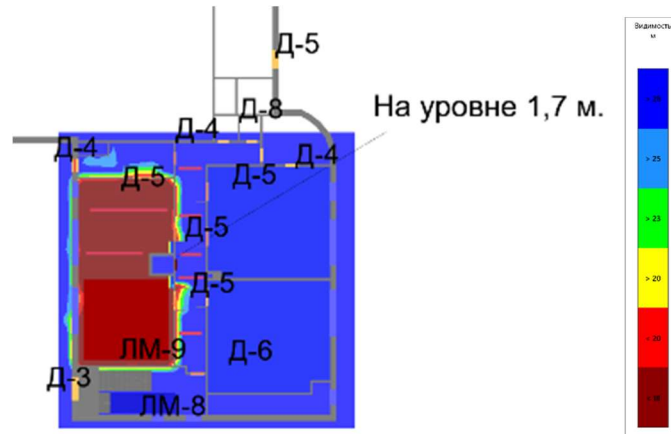


Рис.7. Часть 1-го этажа, защищаемая СПДВ. Видимость на высоте 1,7 м от уровня этажа.  
Время: 209,8 с с момента начало развития пожара

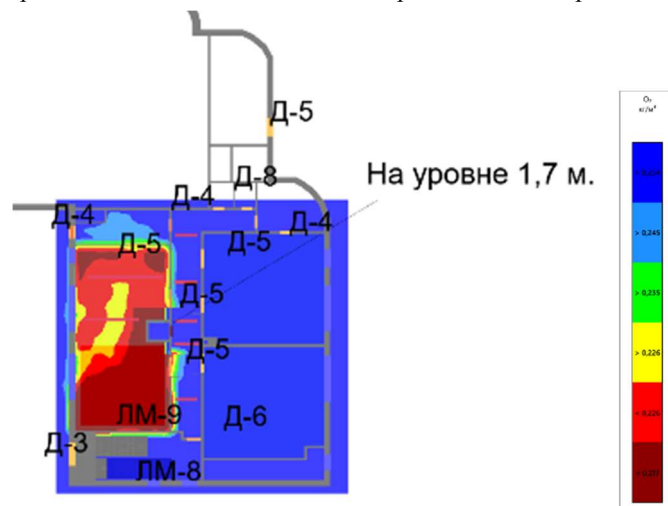


Рис.8. Часть 1-го этажа, защищаемая СПДВ. O<sub>2</sub> на высоте 1,7 м от уровня этажа. Время: 209,8 с с момента начало развития пожара

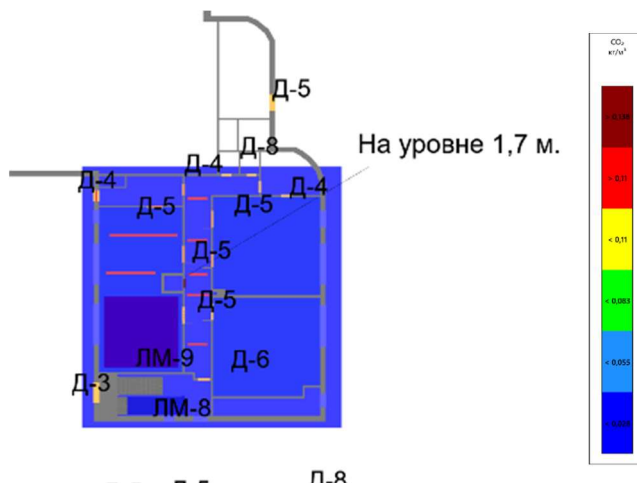


Рис.9. Часть 1-го этажа, защищаемая СПДВ.  $CO_2$  на высоте 1,7 м от уровня этажа. Время: 209,8 с. с момента начало развития пожара

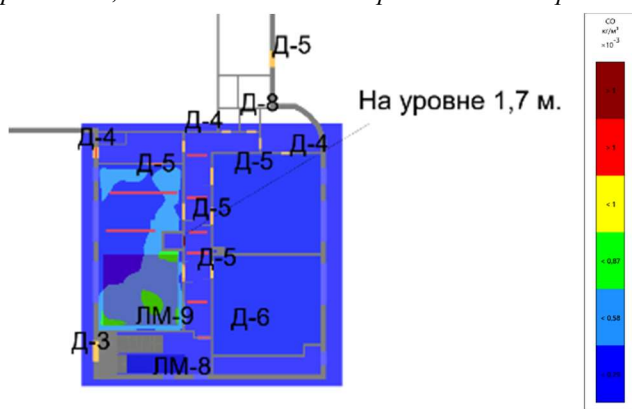


Рис.10. Часть 1-го этажа, защищаемая СПДВ.  $CO$  на высоте 1,7 м от уровня этажа. Время: 209,8 с. с момента начало развития пожара

Табл.6 показывает, через какое время после начала пожара достигаются предельно допустимые значения по каждому из опасных факторов пожара.

**Табл.6. Время блокирования**

Расположение	Наименование	Время блокирования по каждому ОФП, с						
		Температура	Видимость	$O_2$	$CO_2$	$CO$	$HCl$	Тепловой поток
Этаж 1								
Помещение 1	Дверь 101	166,4	125,8	166,4	>320	>320	>320	>320
	Дверь 107	154,9	118,1	161,9	>320	>320	>320	>320
	Регистратор 1	187,8	150,1	188,5	>320	>320	>320	>320
	Регистратор 7	168,7	131,2	175,4	>320	>320	>320	>320
Вне помещений	Дверь 100	>320	258,9	>320	>320	>320	>320	>320
	Дверь 106	>320	228,5	>320	>320	>320	>320	>320
	Дверь 94	>320	300,2	>320	>320	>320	>320	>320

В месте расположения других элементов, где измеряются опасные факторы пожара, критические значения не достигаются за время 320 с.

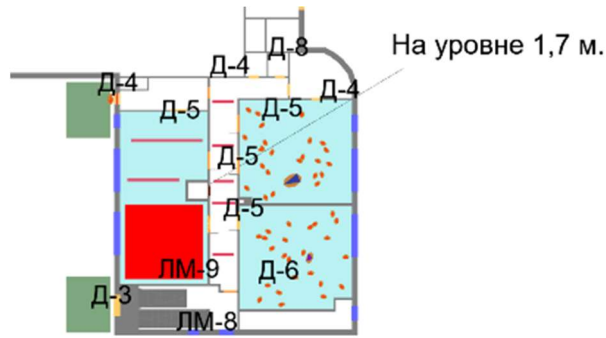


Рис.11. Часть 1-го этажа, защищаемая СПДВ. Расположение людей через 46,6 с после начала пожара

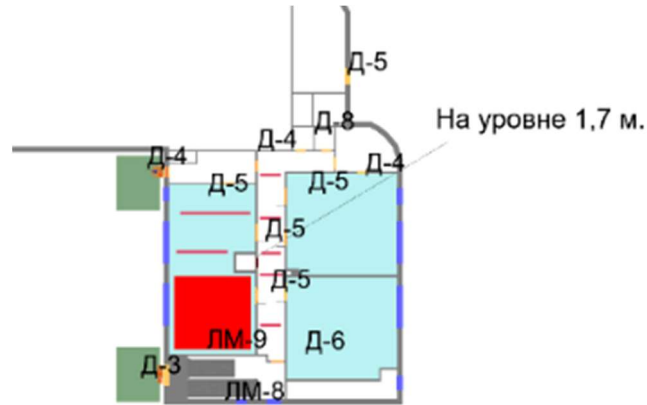


Рис.12. Часть 1-го этажа, защищаемая СПДВ. Расположение людей через 209,8 с после начала пожара

Значение времени начала эвакуации  $t_{нэ}$  (с) для помещения очага пожара определялось по формуле:

$$t_{нэ} = 5 + 0,01 \cdot F$$

где  $F$  - площадь помещения,  $m^2$ .

Время начала эвакуации:  $t_{нэ} = 5,7$  с.

Время эвакуации:  $t_э = t_{нэ} + t_p = 250,6$  с.

Время существования скоплений:  $t_{ск} = 63$  с.

Общее количество людей: 550.

Количество эвакуировавшихся людей: 550.

На следующих графиках показано количество людей, прошедших через регистраторы, в зависимости от времени.

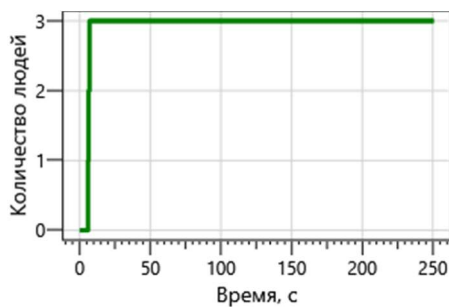


Рис.13. Регистратор 1

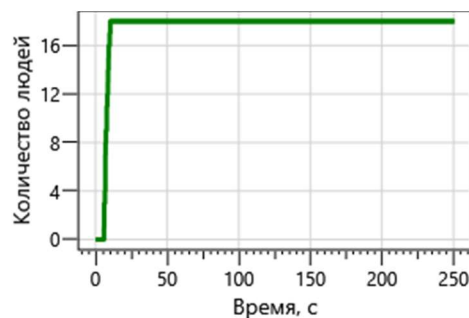


Рис.14. Регистратор 7

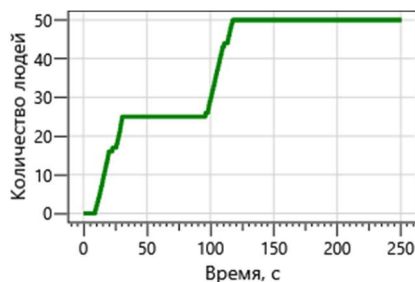


Рис.15. Дверь 106

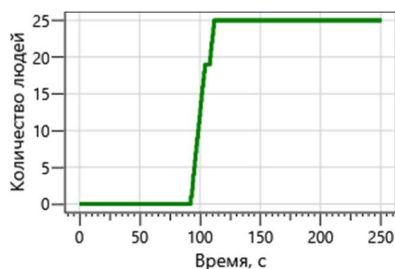


Рис.16. Дверь 100

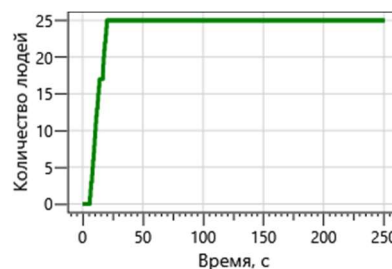


Рис.17. Дверь 107

Результаты моделирования показывают, за какое время после начала пожара происходит полная эвакуация.

Исходя из расчета, можно сделать вывод, что блокирование ОФП путей эвакуации по горизонтальному участку вне помещения с очагом пожара, с учетом заданных фактических параметров системы вытяжной противодымной вентиляции, наступает через 228,5 с. с момента начала пожара. Время последнего эвакуирующегося из здания 250,6 с. По рисункам 12 и 13-17 возможно определить, что уже на момент времени 209,8 с. эвакуация из зоны возможного воздействия ОФП и зоны защиты системой вытяжной противодымной вентиляции завершена.

### Заклучение

Согласно полученным расчетным данным, а именно производительность и давление вентилятора менее фактических показателей существующей системы противодымной вентиляции, время блокирования путей эвакуации по коридору опасными факторами пожара (228,5 с) наступает после эвакуации последнего эвакуирующегося из зоны возможного воздействия ОФП, что нам позволяет сделать вывод о том, что система вытяжной противодымной вентиляции работает эффективна с учетом расположения дымоприемных устройств ниже верхнего уровня дверного проема, но не ниже 1,7 м от уровня пола.

Так как система вытяжной противодымной вентиляции выполняет свои задачи и функции, а именно создает необходимые условия для эвакуации людей, замедляя развитие и блокирование путей эвакуации опасными факторами пожара, допустимо делать вывод о том, что она обеспечивают выполнение ст. 56 Федерального закона от 22.08.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», то есть обеспечивает защиту людей на путях эвакуации от воздействия опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для эвакуации людей в безопасную зону, посредством удаления продуктов горения и термического разложения и (или) предотвращения их распространения.

Оценка эффективности работы системы вытяжной противодымной вентиляции необходима при несоответствии требованиям нормативных документов, в части расположения дымоприемных устройств, но при этом каждый случай необходимо рассматривать индивидуально в виду особенностей объемно-планировочных решений и устройства систем противодымной вентиляции на основе современных программных комплексов, реализующих полевую модель пожара.

Также установлено, что только применение в совокупности вышеуказанных методик (расчет параметров систем противодымной защиты здания, моделирование распространения

опасных факторов пожара, моделирование эвакуации людей), позволяет в полной мере оценить эффективность работы системы вытяжной противодымной вентиляции.

#### **Список источников**

1. Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: статист. сб. Балашиха: П46 ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2022. 114 с.
2. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Свод правил СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности».
4. Рекомендации АВОК (Р НП «АВОК» 5.5.1-2018). Расчет параметров систем противодымной защиты жилых и общественных зданий.
5. Приказ МЧС РФ от 30.06.2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».

#### **References**

1. Fires and fire safety in 2021: statistician. Sat. Balashikha: P46 FGBU VNIIPPO EMERCOM of Russia, 2022. 114 p
2. Federal Law dated July 22, 2008 No. 123-FZ. "Technical Regulations on Fire Safety Requirements"
3. Code of rules SP 7.13130.2013 "Heating, ventilation and air conditioning. Fire safety requirements.
4. ABOK recommendations (R NP "ABOK" 5.5.1-2018). Calculation of parameters of smoke protection systems for residential and public buildings.
5. Order of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation dated June 30, 2009 No. 382 "On approval of the methodology for determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and structures of various classes of functional fire hazard".

#### **Информация об авторах**

Н.Д. Солнцев - кандидат технических наук  
А.А. Копылов - кандидат социологических наук  
Information about the author  
N.D. Solntsev- Ph.D. of Engineering Sciences  
A.A. Kopylov - Ph.D. of Sociological Sciences

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

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

Статья поступила в редакция 12.05.2023; одобрена после рецензирования 20.06.2023; принята к публикации 26.06.2023.

The article was submitted 12.05.2023, approved after reviewing 20.06.2023, accepted for publication 26.06.2023.