

## О пожарной опасности зданий повышенной этажности и высотных зданий

И.С. Таубкин

**Аннотация.** В статье представлен анализ пожарной опасности зданий повышенной этажности и высотных зданий. Отмечается ряд факторов, оказывающих существенное влияние на ход проведения аварийно-спасательных работ, в числе которых сложность эвакуации людей из горящих зданий (в связи с быстрым движением продуктов горения к крыше здания, длительностью спуска по лестницам к эвакуационным выходам и т. п.), неопределенность токсичности (природа газов, образующихся при горении, синергизм их токсического действия, определение токсодозы), трудности при спасении людей с верхних этажей здания и в процессе тушения пожара (по причине отсутствия необходимой пожарной техники), а также особенности поведения людей, застигнутых пожаром в здании. Подчеркивается недопустимость использования «риск-анализа» в судебно-экспертной практике, поскольку для его расчета неизвестны корректные исходные данные (линейная и массовая скорости горения). Статья рассчитана на пожарно-технических экспертов СЭУ различных ведомств, дознавателей МЧС и работников проектных организаций.

**Ключевые слова:** *судебная пожарно-техническая экспертиза, пожар, здания, эвакуация, спасение людей, тушение, опасные факторы пожара, отравление, поведение людей, риск гибели*

**Для цитирования:** Таубкин И.С. О пожарной опасности зданий повышенной этажности и высотных зданий // Теория и практика судебной экспертизы. 2024. Т. 19. № 2. С. 64–75.

<https://doi.org/10.30764/1819-2785-2024-2-64-75>

## On the Fire Hazard of High-Rise Buildings and Skyscrapers

Igor' S. Taubkin

**Abstract.** The article presents an analysis of fire hazard of high-rise buildings and skyscrapers. The author notes a range of factors significantly impacting on the course of emergency rescue operations, including the difficulty of evacuating people from the burning buildings (e.g., due to the rapid movement of combustion products to the roof of the building, the duration of the descent down the stairs to evacuation exits, etc.), uncertainty of toxicity (the nature of gases formed during combustion, the synergism of their toxic effect, the determination of toxic dose), difficulties in rescuing people from the upper floors of the building and in the process of extinguishing a fire (due to the lack of necessary fire equipment), as well as the behavior of people caught in a fire in the building. The inadmissibility of using «risk-analysis» in the forensic practice is emphasized, since the correct initial data (linear and mass burning rates) for its calculation is unknown. The article is intended for fire experts of the forensic institutions of various departments, investigators of the Ministry of Emergency Situations and employees of engineering organizations.

**Keywords:** *forensic fire investigation, fire, buildings, evacuation, rescue of people, fire extinguishing, fire hazard factors, intoxication, people's behavior, risk of death*

**For citation:** Taubkin I.S. On the Fire Hazard of High-Rise Buildings and Skyscrapers. *Theory and Practice of Forensic Science*. 2024. Vol. 19. No. 2. P. 64–75. (In Russ.).

<https://doi.org/10.30764/1819-2785-2024-2-64-75>

### Введение

За последние десятилетия в высотных зданиях по всему миру было зафиксировано большое количество крупных пожаров, имевших катастрофические последствия. В связи с глобальной тенденцией активного строительства таких зданий проблеме их пожарной безопасности в нашей стране и за рубежом уделяется особое внимание, проводятся многочисленные исследования, разрабатываются новые нормативно-правовые акты (НПА).

Ежегодно значительное число пожаров приходится на здания жилого сектора (около 70 % от общего числа пожаров в России) [1, 2]. При этом погибает более 90 % от общего количества жертв пожаров в стране. Основной причиной гибели людей является воздействие продуктов горения (до 68 % от общего числа погибших) и высокой температуры (до 7 % от общего числа погибших) [1].

Чаще всего пожары возникают в результате неосторожного обращения с огнем (курение, игра детей с огнем и др.), нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования, поджогов. Наибольшее число пожаров происходит на лестничных клетках, в подвалах, в жилых комнатах, на балконах и лоджиях, на кухнях и в коридорах [2]. Возникновение пожаров и их тяжелые последствия обусловлены, как правило, грубейшими нарушениями правил противопожарного режима.

Стоит также упомянуть обстоятельства, которые превращают многоэтажные здания в объекты высокой опасности [3]. Среди них:

- одновременное пребывание на территории большого числа людей;
- большая сложность проведения оперативной, безопасной эвакуации при пожаре и спасательных работ с верхних этажей, в том числе снаружи зданий с помощью специальной пожарной техники;
- высокая скорость развития пожара по вертикали при недостаточном уровне противопожарной защиты;
- сложности тушения, включая необходимость подачи воды на большую высоту.

К числу указанных обстоятельств, существенно повышающих пожарную опасность многоэтажных зданий, необходимо добавить следующие:

- быстрое распространение высокотоксичных продуктов сгорания в результате эффекта «дымовой трубы»;

- невозможность быстрой эвакуации по лестничным маршам с учетом высоты здания даже при отсутствии их задымления;

- неадекватное поведение людей, застигнутых пожаром в здании;

- сложность моделирования пожара с целью определения его параметров и путей распространения продуктов сгорания;

- высокую вероятность позднего обнаружения пожара в случае отсутствия или нахождения в неисправном состоянии соответствующих систем пожарной автоматики.

Тушение пожара в высотных зданиях – опасная для жизни пожарных деятельность, сопряженная с большими физическими нагрузками и высокой степенью риска, что обуславливает необходимость отнесения многоэтажных жилых зданий к объектам повышенного риска.

Средняя доля погибших в пожарах в зданиях высотой более 25 этажей в 3–4 раза выше, чем в зданиях до 16 этажей [3]. Эти данные подтверждают московские пожары: в Высотном корпусе гостиницы «Россия» 25 февраля 1977 года и в 25-этажном доме на проспекте Маршала Жукова 29 марта 1993 года (фото).

Последний пожар, произошедший через 26 лет после пожара в гостинице «Россия»,



**Фото.** Общий вид дома № 31 на проспекте Маршала Жукова в Москве во время пожара  
**Photo.** General view of house No. 31 on Marshal Zhukov Avenue in Moscow during the fire

начался в квартире на 22-м этаже [2, 4, 5]. К моменту прибытия на место пожара первого подразделения (в 15 часов 33 минуты) из окон квартиры выбивалось пламя, шел густой дым. Поднявшиеся на указанный этаж пожарные сообщали о высокой температуре, сильном задымлении, замыкании электропроводки, установленной перед входом в горящую квартиру металлической решетке.

Просунув руки в отверстия решетки, сотрудники пожарной охраны предприняли попытку выбить дверь топорами и ломом, однако интенсивный выброс пламени и продуктов горения, последовавший из образовавшихся проломов в дверном полотне, вынудил их отпрянуть к лестничной площадке, при этом четверо пожарных получили ожоги. Данные обстоятельства не позволили им проникнуть в горящую квартиру с лестничной клетки. Тем временем огонь распространялся в квартиры вышележащих этажей через лоджии и оконные проемы.

Последнее звено автомеханической 50-метровой лестницы поднималось только на уровень 17-го этажа, потому пожарным не удалось с ее помощью подобраться к окнам горящей квартиры. Путь в межквартирный коридор 22-го этажа по внутренней лестнице был прегражден огнем, в связи с чем бойцы даже с использованием костюмов из теплоотражательной ткани не могли в него попасть. Из-за неисправности установленных в здании сухотруб возникла проблема подачи воды к очагу пожара, находящемуся на высоте 70 метров.

Обстановка с каждой минутой осложнялась: наблюдалось интенсивное горение на 22-м и 23-м этажах, а позднее огонь распространился и на 24-й этаж. В квартирах, не охваченных огнем, на 23–25-м этажах находились люди, пути для эвакуации которых были отрезаны плотным задымлением. Пожарные газодымозащитной службы проникали в эти квартиры, выводили и выносили жильцов дома, в большинстве случаев надевая им маски своих противогазов.

Таким образом, уже с первых минут спасения людей и тушения пожара сложилась экстремальная ситуация. В этой обстановке офицеры Зайцев, Сальников и прапорщик Сафонов поднялись с лоджии 21-го этажа на 22-й этаж, в соседнюю с горящей квартирой лоджию. С земли до 21-го этажа они протянули рукавную линию, которую (оперативный дежурный) Булочников по той же лестнице передал данной группе. Успешно

проведенную операцию по вводу стволов по штурмовой лестнице с 21-го на 22-й этаж повторили и для проникновения на 23-й и 24-й этажи, несмотря на повышенный риск для жизни пожарных.

В 18 часов 30 минут на 23-м этаже произошел выброс пламени в лифтовой холл, резко повысилась температура воздушного потока в направлении лестничной клетки. Работавшие там два офицера и трое пожарных получили ожоги лица и рук (к этому времени эвакуация жильцов с верхних этажей была завершена).

Тушение пожара осложнялось штормовыми порывами ветра, выбрасывавшими из квартир части горячей мебели, оконных рам, угли. Тем не менее благодаря решительным действиям пожарных и подаче ими стволов по штурмовым лестницам на этажи здания, в 21 час 14 минут пожар был локализован, а в 21 час 45 минут – ликвидирован.

Сотрудники пожарной охраны сделали все возможное, чтобы уменьшить урон от пожара. Они успели вынести на себе 18 человек, отдав им свои маски. Одиннадцать пожарных получили сильные ожоги и ушибы и были госпитализированы. Пятеро жильцов дома погибло, из них – четверо детей в возрасте до 4 лет. Полностью выгорело 5 квартир, пострадали от огня – 15. На ликвидацию пожара потребовалось шесть часов.

Исследование пожара показало, что наиболее вероятной его причиной стала детская шалость, а тяжелые последствия – следствием нерабочего состояния систем дымоудаления, подпора воздуха, противопожарной автоматики и сухотрубных стояков. К основным факторам, повлиявшим на его продолжительность и эффективность тушения, были отнесены невозможность использования автолестниц для спасения людей и отсутствие технических решений для оперативной подачи средств пожаротушения на высокие этажи.

Во многих случаях тяжелые последствия пожаров в высотных зданиях связаны с применением легкогорючих отделочных материалов, ненадежностью систем противопожарной защиты, не всегда продуманными проектными решениями путей эвакуации, с техническим оснащением пожарных подразделений, не соответствующим традиционной тактике тушения [2]. Современные автолестницы (АЛ-52) и автоподъемники (АКЛ-50), широко применяемые в пожарных гарнизонах страны, имеют максимальную рабочую высоту 50–52 м и позволяют эва-

куировать людей с 16–17-х этажей. Таким образом, спасение людей снаружи более высоких зданий с помощью специальной пожарной техники не представляется возможным.

Как показали эксперименты и анализ пожаров, вывод людей по внутренним лестницам может быть безопасным только в зданиях высотой не выше 10 этажей [там же]. В зданиях более высокой этажности на лестницах образуются людские потоки высокой плотности, что увеличивает время пребывания в горящих помещениях и делают процесс эвакуации небезопасным. По данным А.К. Микеева, для 20-этажных зданий время вынужденной эвакуации людей составляет 15–18 минут, 30-этажных – 25–30 минут [2]. В статье «Проблемы дымоудаления из высотных зданий при пожаре» [6] приведены несколько иные значения времени эвакуации: из 11-этажного здания – 6,5 минут; 30-этажного – 18 минут и 50-этажного – 2 часа 11 минут. В соответствии с проведенными зарубежными исследованиями [7] уточняется, что для выхода из служебного 20-этажного здания через лестничные клетки, в зависимости от численности служащих, требовалось от 13 до 50 минут.

При этом не следует забывать о пожарах, происходящих непосредственно на лестничных клетках.

Исходя из этого, обеспечить безопасность людей во время пожаров путем эвакуации их только по внутренним лестницам, по мнению А.К. Микеева [2], также не представляется возможным.

Рассмотрим иные обстоятельства, определяющие сложность проведения оперативной и безопасной эвакуации при пожаре.

#### **Дым как опасный фактор пожара**

При пожарах в высотных зданиях главной причиной гибели людей зачастую является не огонь, а дым, распространяющийся разными путями на значительное расстояние от внутреннего очага пожара.

Дым определяется как совокупность газообразных продуктов горения органических материалов, в которых рассеяны небольшие твердые или жидкие частицы [8].

Серьезное влияние на перемещение дыма и токсичных газов внутри таких зданий оказывают потоки воздуха, возникающие в результате так называемого эффекта «дымовой трубы» [7, 9, 10]. Последний наблюдается, как правило, в холодную погоду, когда высотное здание функционирует по-

добно дымовой трубе, всасывая наружный воздух через различные отверстия в нижних этажах, откуда он продвигается вверх по всему зданию и затем выходит наружу через отверстия в верхних этажах.

Быстрому распространению дыма способствуют системы вентиляции и кондиционирования воздуха. При этом контрольные измерения фиксируют естественную разность между плотностью теплого внутреннего и холодного наружного воздуха, а также увеличение воздухообмена с ростом температуры среды внутри здания. Возникающая разность избыточного давления обуславливает зачастую неожиданную проблему с открыванием дверей лестничных клеток и лифтовых шахт, что представляет не менее серьезную опасность для людей в период эвакуации при пожаре [9].

Для зданий повышенной этажности характерно быстрое развитие пожара по вертикали. Продукты горения распространяются в сторону лестничных клеток и шахт лифтов со скоростью более 10 м/мин. В течение короткого времени здание полностью задымляется, и находиться в помещениях без средств защиты органов дыхания становится невозможно. Наиболее интенсивно происходит задымление верхних этажей, особенно с подветренной стороны [1].

От нагрева автоматика лифтов выходит из строя, кабины блокируются в шахтах, причем быстро установить их местонахождение при отключенном электропитании не представляется возможным. Как следствие, находящиеся в них люди погибают [1].

Предельная температура воздуха, которую кратковременно может выдержать человек, составляет 148 °С. Время, в течение которого воздух нагревается до этой температуры, зависит от типа горючего материала и условий его горения, размеров и планировки помещения. Как показали испытания, оно находится в пределах 2–11 минут [7].

Видимость уже на начальной стадии пожара в межквартирном коридоре близится к нулю, а температура у пола достигает 70–80 °С. При открывании двери между коридором и лестничной клеткой последняя начинает сильно задымляться, при этом скорость движения дыма в ней достигает 0,5–1,0 м/с [1].

В ходе испытаний при сжигании 75 кг сухой шерсти, матраца и 15 кг ветоши в одной из комнат второго этажа наблюдатели, находившиеся на лестничных клетках между



3-м и 15-м этажами, а также во внутренних помещениях 13-го этажа, были вынуждены покинуть свои места через 12 минут. Подсвечиваемые надписи «Выход» становились неразличимы на расстоянии 3,6 м через 5–12 минут, что зависело от места наблюдения [7].

Дым препятствует эвакуации людей, поскольку приводит не только к потере видимости, но создает токсическое и тепловое воздействие. Особо токсичны продукты пиролиза и горения полимерных материалов, которые находятся в каждом здании. Например, при горении поливинилхлорида выделяется около 75 органических веществ, в том числе СО, HCl и фосген [11]. Напомним, что все 42 погибших человека на пожаре в гостинице «Россия» отравились продуктами горения. Образование таких высокотоксичных газов как монооксид углерода, циановодород и фосген<sup>1</sup> в опасных для жизни и здоровья человека концентрациях было установлено даже при горении мягких детских игрушек [12].

При расчете пожарных рисков в детских игровых зонах и торговых помещениях, где находятся мягкие игрушки, необходимо проводить расчет времени блокирования путей эвакуации по циановодороду и фосгену [там же]. На наш взгляд, выделение этих газов важно учитывать и при анализе опасности пожара в любом современном здании.

В Методике определения расчетных величин пожарного риска<sup>2</sup> (далее – Методика) время блокирования путей эвакуации определяется путем расчета времени достижения предельно допустимых значений опасных факторов пожара (ОФП) на эвакуационных путях в различные моменты времени.

Предельно допустимые значения по трем токсичным газообразным продуктам горения представлены в Методике следующими значениями: СО<sub>2</sub> – 0,11 кг/м<sup>3</sup> (110 мг/л); СО – 1,16 · 10<sup>-3</sup> кг/м<sup>3</sup> (1,16 мг/л); HCl – 23 · 10<sup>-6</sup> кг/м<sup>3</sup> (0,023 мг/л). Однако, какое физиологическое воздействие оказывают вышеназванные вещества с указанными «предельно допустимыми значениями» на человека при ингаляции и в течение какого

времени, в Методике не указывается. В то же время в НПА представлено значительное количество токсикологических показателей, отражающих уровень негативного воздействия веществ и материалов на организм человека<sup>3</sup>.

СанПиН 1.2.3685-21 различают:

- ПДК р.з. (предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны максимальная разовая);
- ПДК м.р. (предельно допустимая концентрация в атмосферном воздухе максимальная разовая);
- ПДК с.с. (предельно допустимая концентрация в атмосферном воздухе средне-суточная).

ГОСТ 32419-2022 учитывает следующие показатели:

- средняя смертельная концентрация;
- средняя смертельная доза;
- средняя эффективная концентрация.

К каким из перечисленных токсикологических показателей относятся предельно допустимые значения по трем токсичным газообразным продуктам горения, в Методике также не указано.

Приведем некоторые данные о токсичности HCl и СО.

Согласно литературным данным [14] при концентрации в воздухе паров HCl 0,013–0,021 мг/л наблюдается раздражение слизистых оболочек, а концентрация 0,05–0,075 мг/л переносится уже с трудом. Поэтому, можно сказать, что ПДК для HCl в 0,023 мг/л в Методике несколько завышена.

<sup>3</sup> ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 29.09.1988 № 3388) (ред. от 20.06.2000) // КонсультантПлюс.  
ГОСТ 12.1.007-76. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 10.03.1976 № 579) (ред. от 28.03.1990) // КонсультантПлюс.  
Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 13.02.2018 № 25 «Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»» // КонсультантПлюс.  
Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2 (ред. от 30.12.2022) «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»» // КонсультантПлюс.  
ГОСТ 32419-2022. Межгосударственный стандарт. Классификация опасности химической продукции. Общие требования (введен в действие Приказом Росстандарта от 07.07.2022 № 572-ст) // КонсультантПлюс.

<sup>1</sup> Циановодород и фосген использовались как боевые отравляющие вещества в годы Первой мировой войны [13].

<sup>2</sup> Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности (утв. приказом МЧС от 14.11.2022 № 1140).

Отметим, что в то время, как токсические концентрации многих других летучих ядов для человека непосредственно не определялись и указываются обычно на основании данных, полученных на животных, в отношении СО имеются весьма точные материалы наблюдений на людях, а также определения содержания карбоксигемоглобина (HbCO) в крови отравленных и трупов погибших от отравлений, который представляет собой стабильный комплекс монооксида углерода (СО) и гемоглобина (Hb), образующийся в эритроцитах при вдыхании СО.

*Примечание.* Определение содержания карбоксигемоглобина в крови людей, погибших от отравлений, позволяет определять, был ли жив человек на момент возникновения пожара. Так, при концентрациях СО в воздухе 0,8–1,0 мг/л через 20–30 минут развивалось легкое отравление (пострадавшие ощущали головную боль, общую мышечную слабость и тошноту) без потери трудоспособности. При 1,35 мг/л через 33 минуты учащалось сердцебиение, через 1,5 часа возникало легкое пошатывание, одышка при небольшой мышечной работе, расстройство зрения и слуха; через 2 часа – некоторая спутанность в мыслях, пульсирующая головная боль. При 3,4 мг/л через несколько часов наступала смерть.

Для оценки токсического воздействия опасных химических веществ наиболее удобно использовать понятие «токсодозы» [14, 15].

Согласно терминологии, утвержденной в МЧС, токсодоза представляет собой «... значение заражения, равное произведению концентрации опасного химического вещества (далее – ОХВ) на время пребывания человека в данном месте без средств защиты органов дыхания, в течение которого проявляются различные степени токсического воздействия ОХВ на человека (первые слабые признаки отравления – пороговая токсодоза; существенное отравление – поражающая токсодоза; кома – смертельная токсодоза). В качестве ингаляционной токсодозы используется величина  $Ct$  (где  $C$  – концентрация ОХВ в воздухе, мг/л;  $t$  – экспозиция, мин)».

В РД 03-26-2007<sup>4</sup> приведено следующее понятие пороговой токсодозы: это наименьшая ингаляционная токсодоза опас-

ного вещества, вызывающая у человека, не оснащенного средствами защиты органов дыхания, начальные признаки поражения организма с определенной вероятностью (табулированное значение для каждого опасного вещества).

Для вычисления токсических концентраций СО можно воспользоваться следующими значениями токсодоз: при произведении  $t$  (время в часах) на  $C$  (концентрация в мг/л), равном 0,35, никакого действия установить нельзя; при  $Ct=0,7$  – действие слабое; при  $Ct=1,0$  наблюдаются головная боль и тошнота; при  $Ct=1,7$  – тяжелое отравление [14]. Таким образом, чем больше время пребывания людей в здании, в котором вспыхнул пожар, тем меньше должна быть концентрация СО в воздухе, чтобы избежать отравления. При пребывании людей в горящем здании в течение часа (с учетом длительности пожара при горючей нагрузке в 50 кг/м<sup>2</sup>) пороговая токсодоза СО не должна превышать 0,7 мг/л.

Вместе с тем, следует отметить, что:

- не представляется возможным оценить токсичность всех ОХВ, выделяющихся при горении, с учетом их возможного синергизма<sup>5</sup>; опасность возрастает при синергическом взаимодействии СО и других токсичных веществ [16];

- токсическое действие отдельных веществ (например, СО [14]), может увеличиваться при физических усилиях, при повышении температуры и влажности;

- количественные показатели дымообразующей способности и токсичности веществ и материалов, полученные в условиях лабораторных методик, не соответствуют аналогичным показателям в реальных условиях пожара; в связи этим, они мало приемлемы для точного ранжирования веществ и материалов по их токсичности.

Вопросам прогнозирования вероятных путей движения дыма при пожаре в высотных зданиях с помощью специальных экспериментов, вычислительной техники и специальных моделей во всем мире уделяется повышенное внимание.

В 1971 году сотрудниками института им. Баттеле (Колумбус, Огайо, США) были проведены уникальные эксперименты по исследованию в натуральных условиях путей движения дыма в 75-этажном здании. По-

<sup>4</sup> РД-03-26-2007. Руководящий документ. Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ (утв. Приказом Ростехнадзора от 14.12.2007 № 859) // КонсультантПлюс.

<sup>5</sup> Синергизм – это взаимодействие двух или более веществ, характеризующееся тем, что их токсическое действие существенно превосходит эффект каждого отдельного компонента в виде их простой суммы.

лученные результаты оказались приемлемыми для использования при проведении практических расчетов [9]. Вместе с тем, по итогам этих исследований был сделан вывод, что для всесторонней оценки различных высотных зданий с точки зрения их дымобезопасности (не задымляемости путей эвакуации) на стадии проектирования требуется собрать большой объем информации по вопросам:

- аэродинамического сопротивления в них строительных элементов на главных путях движения воздушных потоков;
- фильтрации воздуха через наружные стены, проникания его через оконные проемы;
- неплотности примыкания дверных створок и различных отверстий специального назначения;
- влияния ветрового напора и разрежения на распределение давления и величину воздушных потоков;
- наличия проницаемых для дыма полостей;
- концентрации дыма в разных частях здания;
- влияния целостности остеклений и местоположения очага пожара на характер движения газовых потоков;
- влияния отключения или изменения режима работы вентиляторов.

В связи с тем, что в России активно строятся подобные высотные здания, эти задачи, на наш взгляд, остаются актуальными для исследователей и проектировщиков.

Задымление лестничной клетки значительно увеличивает длительность эвакуационно-спасательных работ в здании (в среднем более, чем на половину). Соответственно, увеличивается и расход кислорода, потребляемого газодымозащитниками, который составляет в среднем 1 атм (0,1 МПа) на этаж, а в условиях задымленности – 2 атм (0,2 МПа) [17].

### **О поведении людей во время пожара**

Стоит также принимать во внимание поведение людей, застигнутых пожаром внутри здания, поскольку от их действий во время подобной внештатной ситуации существенно зависит успех эвакуации после получения сигнала о возникновении возгорания [7].

В работе Питера Вуда [18] представлены результаты опроса более 2 тыс. человек об их поведении во время пожаров.

При составлении опроса особое внимание уделялось особенностям их эвакуации и движения по задымленным помещениям. Отмечается многообразие действий, принятых ими до начала эвакуации.

Так, 80 % находящихся в здании во время пожара совершали следующие действия (расположены по убыванию количества случаев):

- пытались тушить пожар;
- вызывали пожарную команду;
- выясняли степень развития пожара;
- предупреждали остальных людей о начале возгорания;
- пытались уменьшить опасность;
- покидали здание самостоятельно;
- помогали эвакуировать других людей.

Только 5 % от общего числа застигнутых пожаром своими действиями способствуют улучшению обстановки. Многие, несмотря на получение сигнала о пожаре, не сразу покидают здание, причем любая задержка в эвакуации неминуемо ведет к снижению возможности успешно покинуть горящее здание: так, при промедлении всего в 2 минуты эвакуироваться способны лишь 13% людей [2].

Успех эвакуации может быть обеспечен лишь при их беспрепятственном движении в нужном направлении. Люди должны четко представлять расположение эвакуационных выходов или двигаться по указателям; в противном случае при потере видимости и незнании мест расположения выходов высокая неуверенность в возможности их достигнуть. Из-за этого движение становится хаотичным, а людьми часто овладевает страх, процесс эвакуации затрудняется и впоследствии может стать неуправляемым.

Наибольшее скопление людей во время эвакуации может наблюдаться в лифтах, на эскалаторах, на лестничных клетках. Там эвакуирующиеся ведут себя иначе, чем в местах с меньшей плотностью скопления людей.

Скорость движения потока на эвакуационных путях зависит от стремления воспользоваться ими. Во время эксперимента при движении людей по горизонтальному проходу с плотностью потока 1,17 чел./м<sup>2</sup> скорость движения составляла 3,8 км/ч. При появлении опасности плотность потока увеличивалась до 2,7–3,6 чел./м<sup>2</sup>, а скорость движения резко снижалась, после чего начиналась давка, плотность достигала 4,5 чел./м<sup>2</sup>, и движение прекращалось [7].

Представляют интерес некоторые аспекты поведения людей во время пожара [18].

В тех случаях, когда для выхода из зоны пожара требовалось преодолеть задымленный участок, около 60 % людей пытались это сделать, однако лишь половина из них преодолевали путь более 9 м. Мужчины чаще решались пройти через задымленный участок, чем женщины, и с большей вероятностью преодолевали более длинные участки. В тех случаях, когда люди знали расположение путей к выходу, они с большей вероятностью решались преодолевать задымленное пространство, проходя расстояние более 15 м. Отмечено, что лица, ранее сталкивавшиеся с возгораниями, преодолевали в задымленных помещениях большие расстояния, чем лица, не имевшие такого опыта. В ночное время люди легче решались преодолеть задымленный участок, чем в дневное [18, 19]. В ходе исследований было установлено, что большинство людей во время пожара не могли вспомнить местонахождение световых табло «Выход» [7].

В работе «Парадоксы нормирования обеспечения безопасности людей при эвакуации из зданий и пути их устранения» [3] сообщается, что первым импульсом одной трети опрошенных в такой ситуации было – найти очаг пожара, при этом более 20 % из них пытались тушить пожар. Даже те из них, кто находились в помещении, где произошло возгорание, не сразу начинали эвакуацию. В то же время 10 % из числа опрошенных стремились покинуть здание. Вышеприведенные данные о поведении людей при пожаре свидетельствуют, что даже при получении известия о возгорании люди далеко не сразу приступают к эвакуации.

Необходимо отметить, что даже при исправно функционирующей системе обнаружения и оповещения о пожаре проходит достаточно много времени до момента срабатывания, что определяется ее технической и организационной инерционностью [3]. Следует также учитывать и надежность систем противопожарной защиты, при неисправности которых эвакуация людей будет значительно затруднена, а в ряде случаев даже исключена. В работе «Парадоксы...» также отмечается, что количество отказов систем активной противопожарной защиты с учетом их сегодняшней надежности функционирования непосредственно при эвакуации людей должно быть в 20–50, а то и в 30–70 раз (сегодня фактически в 1000 раз) ниже, чем на данный момент [там же].

Хаотичное поведение людей, оказавшихся в здании во время пожара – одна из

основных причин их гибели. Поведение человека в подобных условиях определяется воздействием на его психику ряда факторов, которые влияют на нее по-разному, в зависимости от восприятия степени личной опасности, обусловленного эмоциональной основой его характера [7]. В психологии характер – это набор стойких индивидуальных особенностей личности, который определяет тип поведения и форму взаимоотношений с окружающими людьми. В наибольшей степени склонны поддаваться панике люди с чувствительным характером, изнеженные, привыкшие подчиняться, ипохондрики и люди с повышенной возбудимостью.

Непосредственными физическими факторами, воздействующими в таких случаях на психику и физиологию человека и определяющими запас времени для его спасения, являются близость фронта огня и его размеры, объем и цвет дыма, а также скорости их распространения. Значительное влияние оказывает воздействие токсичных газов, выделяющихся при горении и создающих непосредственную угрозу жизни.

На психику человека, застигнутого пожаром, могут влиять и другие факторы, среди которых характеристика здания (этажность, планировка и др.); наличие средств пожарозащиты и пожаротушения внутри здания, характер самого индивидуума, его личные качества; поведение окружающих его людей [7]. Высота этажа, на котором находятся люди, и площадь помещения, охваченного огнем, также способны возбудить психику застигнутых пожаром. Особое значение имеют места расположения эвакуационных путей и выходов [там же].

Повышенная психоэмоциональная напряженность у людей, двигающихся внутри здания в условиях пожара, может перейти в панику, что приведет к резкому снижению скорости эвакуации и, как правило, к гибели многих из находящихся там [2]. Паника (безотчетный страх, ужас) – это психологическое состояние, вызванное угрожающим воздействием для жизни внешних условий и выраженное в чувстве острого страха, охватывающего человека или множество людей, неудержимо и неконтролируемо стремящихся избежать опасной ситуации. Это внезапное сильное чувство страха мешает людям рассуждать логически<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Как вести себя в экстремальных ситуациях – пожар в общественных местах // Главное управление МЧС России по Республике Карелия. 31.12.2018. <https://10.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/1648855>



В ряде случаев умственная активность, направленная на выбор средств эвакуации, может быть понижена, в частности, из-за усталости, физического истощения и отравления продуктами горения [7].

Психическое состояние индивидов, находящихся в толпе в критических условиях, зачастую характеризуется возбужденностью, нетерпимостью и даже жестокостью или другими отрицательными эмоциями.

В большинстве случаев организованность группы людей, пытающихся покинуть горящее здание, определяется культурным уровнем, общественным положением входящих в нее участников. Наиболее организованы группы, состоящие из служащих, рабочих и учащихся, во главе которых стоят признанные руководители. Наиболее подвержены риску в случае пожара группы лиц, не связанные между собой общими интересами и не имеющие общих руководителей.

Поведение людей в условиях пожара в значительной степени определяется их опытом пребывания в аналогичной ситуации. Отмечается, что персонал учреждений, неоднократно сталкивавшийся с небольшими пожарами, вел себя слаженно в условиях крупного возгорания. Значительное влияние на людей в условиях пожара оказывает субъективная оценка времени, имеющегося у них в распоряжении. Это наглядно иллюстрируют результаты эксперимента, в ходе которого студенты при пожаре должны были проходить мимо раненых, нуждающихся в помощи. Студентов разбили на две группы. Первым сообщили, что у них в запасе достаточно времени, вторым – что его у них почти нет. В первой группе 37 % участников остановились, чтобы оказать помощь раненым, во второй группе так поступило только 10% участников [7].

Важно отметить возможное проявление у эвакуирующихся людей стадного инстинкта, под которым понимается человеческое поведение, полностью подчиняющееся социуму или отдельной группе такого социума. Человек в этом случае никак не проявляет свои личностные качества и теряет индивидуальный облик. Таким образом, стадный инстинкт заключается в склонности к объединению людей в группы или «стада» и следованию за лидером, который принимает решения за всю группу. Однако стоит признать, что такие решения далеко не всегда будут правильными [19].

В этих случаях математическое описание основных расчетных случаев движения

людей, принятых в пожарном деле [20] для определения требований к эвакуационным путям и выходам, становится очень сложной, а в некоторых случаях и невозможной задачей.

В работе «Парадоксы...» [3] авторы указывают на общую недостаточность как знаний в области закономерностей поведения при эвакуации психофизически уязвимо-го контингента людей, так и нормативного обоснования оснащения путей эвакуации системами активной противопожарной защиты.

Наиболее важными психофизическими характеристиками человека, в зависимости от которых следует определять способ и средства эвакуации людей из горящего здания, являются возраст, пол и ряд физических особенностей [7].

Таким образом, своевременная и беспрепятственная эвакуация из высотных зданий представляет собой сложную и зачастую плохо решаемую задачу [21]. Уже несколько десятилетий, согласно требованиям ГОСТ 12.1.004 «Пожарная безопасность. Общие требования», а с 1 мая 2009 года – и Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (№ 123-ФЗ), расчетная вероятность воздействия ОФП не должна превосходить значений допустимой (нормативной) вероятности ( $Q^{\text{н}}=1 \cdot 10^{-6}$ ). Однако накануне вступления в действие указанного федерального закона фактическое значение вероятности гибели людей составляло  $Q^{\text{ф}}=107 \cdot 10^{-6}$  (частное от деления числа погибших при пожарах на численность населения страны).

Имеются данные, согласно которым по крайней мере в 10 раз больше людей получает при пожарах тяжелые ожоги и травмы. Если они правдивы, то можно сделать вывод о том, что в России *риск гибели и травматизма людей при пожаре  $Q^{\text{ф}}$  в начале XXI века более чем в 1000 раз превышал нормативный уровень* [3].

### Заключение

Для определения необходимого времени эвакуации людей из помещения необходимо знать динамику ОФП в зоне их пребывания и предельно допустимые для человека значения каждого из них<sup>7</sup>. Одна-

<sup>7</sup> Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности (утв. приказом МЧС от 14.11.2022 № 1140).

ко имеются объективные и весомые доказательства принципиальной невозможности априорного расчета опасных факторов внутреннего пожара и их достоверной количественной оценки во времени и в пространстве (с учетом динамики его развития в рамках современных методов термодинамики и внутренней газодинамики продуктов сгорания в помещении пожара и тем более за его пределами) [22]. Это утверждение обусловлено отсутствием необходимых четких исходных данных о закономерностях развития внутренних пожаров (точных значений линейной скорости распространения пожара, а, значит, и важнейшего параметра пожара – его площади; массовой скорости горения отдельных видов твердых горючих материалов в условиях пожара; дымообразования, то есть количества и состава продуктов сгорания и др.) [там же].

Эти параметры известны современной науке о горении с большой погрешностью. Так, главный расчетный параметр – площадь пожара, от которого зависит тем-

пература, интенсивность излучения зоны горения, и, главное, интенсивность и плотность дымообразования в помещении и путях эвакуации, может различаться в 3–5 и даже в 10 раз для одного и того же объекта в сходственные моменты времени [22]. И если такой уровень точности (достоверности) расчета площади пожара, хотя и очень условно, может использоваться при решении пожарно-тактических задач, в которых погрешность  $\pm 50\text{--}100\%$  считается приемлемой, то при расчете пожарного риска через значения ОФП она совершенно недопустима [там же].

Такая погрешность расчетов опасных факторов пожара, а, значит, «риск-анализа» пожарной безопасности зданий категорически недопустима в практике производства судебной пожарно-технической экспертизы при определении соответствия конструктивных и объемно-планировочных решений здания, его дымозащитной вентиляции и других вопросов соответствия пожарной защиты требованиям НПА.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копылов Н.П., Пивоваров В.В., Пронин Д.Г. Обеспечение безопасности людей в жилых зданиях повышенной этажности // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 9. С. 5–14. <https://doi.org/10.18322/PVB.2017.26.09.5-14>
2. Микеев А.К. Пожары в высотных зданиях в России // Пожаровзрывобезопасность. 1995. № 1. С. 44–48.
3. Холщевников В.В., Самошин Д.А., Белосохов И.Р. и др. Парадоксы нормирования обеспечения безопасности людей при эвакуации из зданий и пути их устранения // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. № 3. С. 41–51.
4. Максимчук Л.В. Наш генерал. М.: У Никитских ворот, 2020. 856 с.
5. Смирнов Н. Ад в поднебесье // Вызываем огонь на себя. Сборник воспоминаний, рассказов и очерков об истории и современности пожарной службы г. Москвы. М.: Робин, 1998. С. 308–310.
6. Проблемы дымоудаления из высотных зданий при пожаре // Пожарная охрана. М.: ВИНТИ, 1974. № 38. С. 2–9.
7. Bryan J.L. Human Behaviour in Fire: the Development and Maturity of a Scholarly Study Area // Fire and Materials. 1999. Vol. 23. No. 6. P. 249–253. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1018\(199911/12\)23:6<249::AID-FAM696>3.0.CO;2-K](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1018(199911/12)23:6<249::AID-FAM696>3.0.CO;2-K)
8. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров / Пер. с англ. К.Г. Бомштейна; под ред. Ю.А. Кошмарова, В.Е. Макарова. М.: Стройиздат, 1990. 424 с.

#### REFERENCES

1. Kopylov N.P., Pivovarov V.V., Pronin D.G. Ensuring the Safety of People in Residential High-Rise Buildings. *Fire and Explosion Safety*. 2017. Vol. 26. No. 9. P. 5–14. (In Russ.). <https://doi.org/10.18322/PVB.2017.26.09.5-14>
2. Mikeev A.K. Fires in High-Rise Buildings in Russia. *Fire and Explosion Safety*. 1995. No. 1. P. 44–48. (In Russ.).
3. Kholshchevnikov V.V., Samoshin D.A., Belosokhov I.R. et al. Paradoxes of Rationing the Safety of People during Evacuation from Buildings and Ways to Eliminate Them. *Fire and Explosion Safety*. 2011. Vol. 20. No. 3. P. 41–51. (In Russ.).
4. Maksimchuk L.V. *Our General*. Moscow: U Nikitskikh vorot, 2020. 856 p. (In Russ.).
5. Smirnov N. Hell in the Sky. *We Call the Fire on Ourselves. Collection of Memories, Stories and Essays about the History and Modernity of the Fire Service of Moscow*. Moscow: Robin, 1998. P. 308–310. (In Russ.).
6. Problems of Smoke Extraction from High-Rise Buildings in Case of Fire. *Fire Protection*. Moscow: VINITI, 1974. No. 38. P. 2–9. (In Russ.).
7. Bryan J.L. Human Behaviour in Fire: the Development and Maturity of a Scholarly Study Area. *Fire and Materials*. 1999. Vol. 23. No. 6. P. 249–253. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1018\(199911/12\)23:6<249::AID-FAM696>3.0.CO;2-K](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1018(199911/12)23:6<249::AID-FAM696>3.0.CO;2-K)
8. Drysdale D. *An Introduction to Fire Dynamics* / K.G. Bomshtein (transl.,) Yu.A. Koshmarov, V.E. Makarov (eds.). Moscow: Stroizdat, 1990. 424 p. (In Russ.).

9. Barrett R.E., Locklin D.W. A Computer Technique for Predicting Smoke Movement in Tall Buildings // *Fire Technology*. 1969. Vol. 5. P. 299–310. <https://doi.org/10.1007/BF02600417>
10. Lie T.T., McGuire J.H. Control of Smoke in High-Rise Buildings // *Fire Technology*. 1975. Vol. 11. P. 5–14. <https://doi.org/10.1007/BF02589996>
11. Matticks C.A., Westwater J.J., Himel H.N. et al. Health Risks to Fire Fighters // *The Journal of Burn Care & Rehabilitation*. 1992. Vol. 13. № 2. P. 223–235. <https://doi.org/10.1097/00004630-199203000-00010>
12. Пузач С.В., Бачурин Д.В., Акперов Р.Г. и др. Образование токсичных газов при горении мягких игрушек в многофункциональных торгово-развлекательных комплексах // *Пожаровзрывобезопасность*. 2023. Т. 32. № 1. С. 41–50. <https://doi.org/10.22227/0869-7493.2023.32.01.41-50>
13. Соборовский Л.З., Эпштейн Г.Ю. Химия и технология боевых химических веществ. М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1938. 589 с.
14. Лазарев Н.В. Химические вредные вещества в промышленности: Справочник для химиков, инженеров и врачей. Ч. 2. Неорганические и металлоорганические соединения. М.: Госхимиздат, 1951. 496 с.
15. Исаева Л.К. Экологическая безопасность. Учебное издание (в 3-х частях). М.: АГПС МЧС России, 2017.
16. Wagner J.P. Survey of Toxic Species Evolved in the Pyrolysis and Combustion of Polymers // *Fire Research Abstracts and Reviews*. 1972. Vol. 14. P. 1.
17. Аверин Ю.Ф., Антонов А.В., Атаманенко М.Э. и др. Научно-технический прогресс в пожарной охране / Под ред. Д.И. Юрченко. М.: Стройиздат, 1987. 384 с.
18. Wood P.G. The Behaviour of People in Fires // *Fire Safety Science*. 1972. Vol. 953.
19. Лебон Г. Психология народов и масс. М.: Академический проект, 2011. 238 с.
20. Холщевников В.В., Самошин Д.А. Парфененко А.П. и др. Эвакуация и поведение людей при пожарах: учеб. пособие. 2-е изд, перераб. и доп.. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. 262 с.
21. Холщевников В.В., Самошин Д.А. Проблемы обеспечения безопасности эвакуации людей из высотных зданий // XXI Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы пожарной безопасности». Тезисы докладов. Ч. 2. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. С. 41–44.
22. Абдурагимов И.М. Еще раз о принципиальной невозможности выполнения расчетов пожарных рисков детерминированными методами // *Пожаровзрывобезопасность*. 2013. Т. 22. № 6. С. 13–23.
9. Barrett R.E., Locklin D.W. A Computer Technique for Predicting Smoke Movement in Tall Buildings. *Fire Technology*. 1969. Vol. 5. P. 299–310. <https://doi.org/10.1007/BF02600417>
10. Lie T.T., McGuire J.H. Control of Smoke in High-Rise Buildings. *Fire Technology*. 1975. Vol. 11. P. 5–14. <https://doi.org/10.1007/BF02589996>
11. Matticks C.A., Westwater J.J., Himel H.N. et al. Health Risks to Fire Fighters. *The Journal of Burn Care & Rehabilitation*. 1992. Vol. 13. No. 2. P. 223–235. <https://doi.org/10.1097/00004630-199203000-00010>
12. Puzach S.V., Bachurin D.V., Akperov R.G. et al. Generation of Toxic Gases during Combustion of Stuffed Toys in Multifunction Shopping Malls. *Fire and Explosion Safety*. 2023. Vol. 32. No. 1. P. 41–50. (In Russ.). <https://doi.org/10.22227/0869-7493.2023.32.01.41-50>
13. Soborovskii L.Z., Epshtein G.Yu. *Chemistry and Technology of Chemical Warfare Agents*. Moscow: Gosudarstvennoe izdatel'stvo oboronnoi promyshlennosti, 1938. 589 p. (In Russ.).
14. Lazarev N.V. *Harmful Chemical Substances in Industry: A Handbook for Chemists, Engineers, and Doctors. Part 2. Inorganic and Organometallic Compounds*. Moscow: Goskhimizdat, 1951. 496 p. (In Russ.).
15. Isaeva L.K. *Environmental Safety. Textbook (in 3 Parts)*. Moscow: AGPS MChS Rossii, 2017. (In Russ.).
16. Wagner J.P. Survey of Toxic Species Evolved in the Pyrolysis and Combustion of Polymers. *Fire Research Abstracts and Reviews*. 1972. Vol. 14. P. 1.
17. Averin Yu.F., Antonov A.V., Atamanenko M.E. et al. *Scientific and Technical Progress in Fire Protection* / D.I. Jurchenko (ed.). Moscow: Stroiiizdat, 1987. 384 p. (In Russ.).
18. Wood P.G. The Behavior of People in Fires. *Fire Safety Science*. 1972. Vol. 953.
19. Lebon G. *Psychology of Peoples and Masses*. Moscow: Akademicheskii proekt, 2011. 238 p. (In Russ.).
20. Kholshchevnikov V.V., Samoshin D.A. Parfenenko A.P. et al. *Evacuation and Human Behavior in Fires: Textbook. 2nd Ed., Expanded and Revised. 2nd ed*. Moscow: Akademiya GPS MChS Rossii, 2015. 262 p. (In Russ.).
21. Kholshchevnikov V.V., Samoshin D.A. Problems of Ensuring the Safety of Evacuation of People from High-Rise Buildings. *XXI International Scientific and Practical Conference "Actual Problems of Fire Safety". Abstracts of the Reports. Part 2*. Moscow: FGU VNIIPPO MChS Rossii, 2009. P. 41–44. (In Russ.).
22. Abduragimov I.M. Once Again about Impossibility to Perform Calculations of Fire Risks by Deterministic Methods. *Fire and Explosion Safety*. 2013. Vol. 22. No. 6. P. 13–23. (In Russ.).

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ**

**Тaubкин Игорь Соломонович** – к. т. н., почетный сотрудник Министерства юстиции Российской Федерации, почетный член совета ветеранов Следственного комитета Российской Федерации, академик Национальной академии наук пожарной безопасности; e-mail: igor-tau@mail.ru

**ABOUT THE AUTHOR**

**Taubkin Igor' Solomonovich** – Candidate of Engineering, Honorary Employee of the Ministry of Justice of the Russian Federation, Honorary Member of the Council of Veterans of the Investigative Committee of the Russian Federation; Academician of the National Academy of Fire Safety Sciences; e-mail: igor-tau@mail.ru

*Статья поступила: 29.01.2024*

*После доработки: 05.03.2024*

*Принята к печати: 14.04.2024*

*Received: January 29, 2024*

*Revised: March 05, 2024*

*Accepted: April 14, 2024*