

*Р.А. Семёнов*

(Академия ГПС МЧС России; e-mail: ppr390@gmail.com)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ НА ЭТАПЕ СТРОИТЕЛЬСТВА**

*Проведён анализ особенностей пожаров в высотных зданиях на этапе их строительства. Показаны причины увеличения времени свободного развития пожаров в высотных зданиях. Приведены результаты экспериментального исследования процесса подъёма по лестничной клетке высотного здания.*

*Ключевые слова: высотное здание, этап строительства.*

*R.A. Semyonov*

## **RESEARCH OF EXTINGUISHING OF FIRES IN HIGH-RISE BUILDING IN THE CONSTRUCTION PHASE**

*Analysis of features of fires in high-rise buildings in the construction phase was carried out. The causes of the increase of the time of free development of fire in high-rise building were shown. The results of the experimental investigation of the lifting process in along stairway of high-rise building are given.*

*Key words: high-rise building, construction phase.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 24 мая 2015 г.

Строительство **высотных зданий (далее ВЗ)** является вынужденной мерой в условиях современных мегаполисов. Увеличение высоты зданий обусловлено большой плотностью застройки, экономической эффективностью, престижем и эстетикой.

В действующих нормативных документах отсутствует определение "высотное здание". Высота здания "определяется разностью отметок поверхности проезда для пожарных машин и нижней границы открывающегося проёма (окна) в наружной стене" [1]. А максимальное допустимое значение высоты, согласно своду правил [2], для зданий составляет 75 м. Поэтому здания с разностью отметок больше 75 м можно отнести к категории "высотное здание" [3].

При возникновении пожаров в ВЗ для пожарных подразделений автоматически объявляется повышенный номер вызова. Повышенное внимание обусловлено сложностями, возникающими при тушении подобных пожаров. Как показывает практика, пожары в ВЗ зачастую имеют затяжной характер и приносят огромный материальный ущерб, для успешного тушения необходимо привлечение значительного количества сил и средств.

Пожары в ВЗ, возникающие на этапе строительства, имеют свои особенности. Под "этапом строительства" следует понимать период с момента начала строительства до момента ввода в эксплуатацию.

К особенностям ВЗ на этапе строительства можно отнести:

- отсутствие систем пожарной автоматики (АУПС, АУПТ и др.);
- отсутствие внутреннего противопожарного водопровода;
- наличие скоплений горючей нагрузки;
- отсутствие лифтов для транспортирования пожарных подразделений;
- отсутствие постоянных ограждающих конструкций, в том числе лестничных клеток;
- сужение возможных маршрутов подъёма пожарных подразделений на лестничных клетках.

Поскольку на этапе строительства велика вероятность отсутствия лифта для транспортирования пожарных подразделений, основным маршрутом движения пожарных будут являться марши лестничной клетки. Дополнительные сложности возникают из-за возможного отсутствия перил в лестничной клетке – отсутствие возможности зафиксировать рукав рукавной задержкой, складирования и захламления строительным материалом лестничных клеток – сужение возможных маршрутов подъёма пожарных подразделений.

Некоторые из особенностей ВЗ на этапе строительства условно можно отнести к зданиям в процессе эксплуатации. Здание может быть оборудовано системами противопожарной защиты и лифтом для транспортирования пожарных подразделений, которые могут находиться в неработоспособном состоянии или выйти из строя во время пожара.

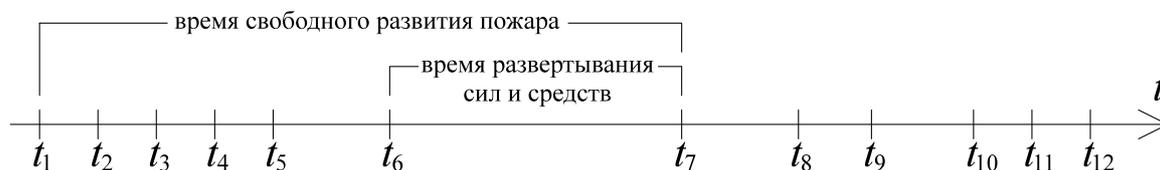
Расположение пожарных подразделений на территории поселений и городских округов "определяется исходя из условия, что время прибытия первого подразделения к месту вызова в городских поселениях и городских округах не должно превышать 10 минут" [4]. Связано это с тем, что одной из основных целей выезда пожарных подразделений на пожар является "ликвидация пожара прежде, чем его площадь превысит площадь, которую может потушить один дежурный караул" [5].

Таким образом, классическая система пожарного оперативного обслуживания населенных пунктов направлена на то, чтобы пожарные подразделения прибыли на место пожара и приступили к тушению на начальной стадии развития пожара. На начальной стадии скорость распространения пожара минимальна, поэтому меньше опасность для людей и ущерб от пожара. Для тушения пожара на начальном этапе требуется значительно меньше сил и средств.

Если обратиться к примерам, становится очевидным, что в случае пожаров в ВЗ классическая система размещения пожарных подразделений не работает даже при выполнении условия своевременности прибытия. Объясняется это тем, что помимо прибытия к месту вызова, необходимо подняться непосредственно к месту пожара в здании. И это время в разы превышает время прибытия.

Из-за особенностей ВЗ время свободного развития пожара значительно больше, чем при пожарах на других объектах. Для того, чтобы проанализировать возможные причины увеличения времени свободного развития пожаров в ВЗ необходимо рассмотреть этапы, из которых оно складывается.

Время свободного развития пожара (рис.1) складывается из следующих этапов: от возникновения до обнаружения (от  $t_1$  до  $t_2$ ), от обнаружения до сообщения (от  $t_2$  до  $t_3$ ), время диспетчеризации (от  $t_3$  до  $t_4$ ), время сбора и выезда (от  $t_4$  до  $t_5$ ), время следования к месту вызова (от  $t_5$  до  $t_6$ ), время развертывания сил и средств (от  $t_6$  до  $t_7$ ).



**Рис. 1.** Временные характеристики процесса функционирования ППС:

$t_1$  – момент возникновения пожара;  $t_2$  – момент обнаружения пожара;  $t_3$  – момент сообщения диспетчеру о пожаре;  $t_4$  – момент поступления команды на выезд;  $t_5$  – момент выезда оперативного подразделения к месту вызова;  $t_6$  – момент прибытия оперативного подразделения на место вызова;  $t_7$  – момент подачи первых стволов;  $t_8$  – момент локализации;  $t_9$  – момент ликвидации;  $t_{10}$  – момент отъезда оперативного подразделения с места вызова;  $t_{11}$  – момент прибытия оперативного подразделения на место дислокации;  $t_{12}$  – момент постановки оперативного подразделения в расчёт.

В рамках деятельности дежурных смен пожарных подразделений невозможно повлиять на время от момента возникновения до сообщения о пожаре (от  $t_1$  до  $t_3$ ). Кроме этого, этапы обработки вызова с момента поступления сообщения о пожаре до прибытия к месту пожара (от  $t_3$  до  $t_6$ ) для пожаров в высотных зданиях и для пожаров на других объектах будут аналогичны и не будут существенно различаться. Таким образом, становится очевидно, что время свободного развития пожара в ВЗ будет определяться продолжительностью периода развертывания пожарных подразделений на месте пожара.

При пожаре в высотном здании особенностью процесса развертывания и тактических действий пожарных подразделений в целом является необходимость производить их "по вертикали", то есть преодолевать расстояние до места пожара. Чем выше расположен очаг пожара, тем более продолжительным будет процесс развёртывания. Кроме этого на продолжительность развёртывания оказывает влияние состояние систем противопожарной защиты и лифта для подъёма пожарных подразделений. В случае невозможности использовать лифт и систему внутреннего противопожарного водопровода возникает необходимость подъёма и прокладки рукавных линий по лестничной клетке с использованием мотопомп для компенсации потерь напора в рукавных линиях. В таких случаях продолжительность развёртывания может достигать нескольких часов. Примером такого пожара является пожар в строящемся здании башни "Восток" комплекса "Федерация" ММДЦ "Москва-Сити" 2 апреля 2012 года: время с момента прибытия первых подразделений до момента подачи воды в перекачку составило более двух часов.

Таким образом, становится очевидным, что основная причина увеличения времени свободного развития пожара в высотном здании состоит в сложности проведения оперативно-тактических действий (введения сил и средства).

Как показывает опыт тушения пожаров, время развертывания, относительно времени свободного развития пожара, в высотном здании может составить более 80 %. Поэтому справедлив вывод, что своевременность тушения пожаров в ВЗ во многом определяется временем развертывания сил и средств.

Помимо "традиционных" способов тушения пожара и подачи огнетушащих веществ, существуют другие, которые могут применяться при тушении пожаров в ВЗ: *температурно-активированная вода (ТАВ)* и компрессионная пена (пена со сжатым воздухом, пневмопена). Эти технологии имеют свои особенности, поэтому, делая вывод об эффективности применения того или иного способа, необходимо учитывать их особенности.

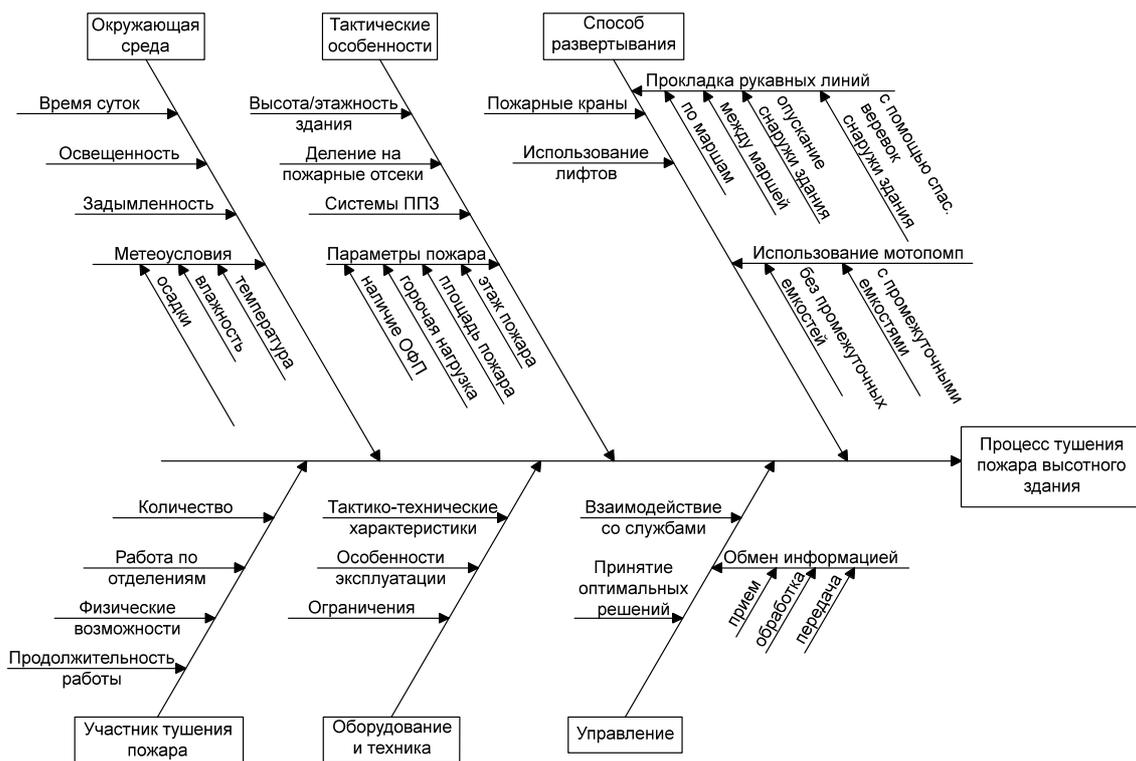
Максимальная высота подачи ТАВ, которая была достигнута при практических испытаниях, составляет 298 м. Стоит учитывать, что для подачи ТАВ используются специальные рукава, способные выдерживать температуру до 300 °С и давление до 10,0 МПа. Эти рукава отличаются исполнением и тяжелее, чем обычные рукава, поэтому время их развертывания будет выше, чем у обычных рукавов.

Максимальная высота подачи пены со сжатым воздухом, по заявлениям представителей Sky CAFS, составляет 396 м. При проведении пожарно-тактического учения на Останкинской телебашне 10 июля 2014 г. пену по рукавной линии 77 мм удалось подать на высоту 340 м. Через несколько минут работы произошёл разрыв рукавной линии. После устранения разрыва пену удалось подать только на высоту 290 м. При использовании компрессионной пены используются обычные напорные пожарные рукава, находящиеся в расчётах пожарных подразделений. При этом по рукавам доставляется не раствор воды и пенообразователя, а готовая пена, что накладывает определённые ограничения. При использовании этой технологии необходимо соблюдать "постоянство потока" пены, так как после остановки подачи происходит её быстрое разрушение. Возобновление подачи и создание потока пены займет определённое время. Нельзя также допускать перегибы рукавной линии, так как поток пены не расправляет рукав и в местах перегибов происходит разрушение пены.

Факторы, оказывающие влияние на процесс тушения пожара ВЗ, были обобщены по шести направлениям:

- окружающая среда;
- тактические особенности;
- способ развёртывания;
- участник тушения пожара;
- оборудование и техника;
- управление тушением пожара.

Для наглядного представления сложной системы процесса тушения пожара ВЗ была разработана диаграмма системного анализа, на которой представленные факторы делятся на шесть групп (рис. 2).



**Рис. 2.** Диаграмма системного анализа процесса тушения пожара высотного здания

Из рис. 2 видно, что сложность организации процесса тушения пожара в ВЗ обусловлена множеством связей и факторов, оказывающих влияние на процесс тушения. Одним из основных факторов является способ развертывания. Продолжительность развертывания непосредственно зависит от выбора варианта развертывания насосно-рукавной системы. Оптимальность этого выбора основывается на необходимости подать огнетушащие вещества на максимальную высоту за минимальное время.

Для того, чтобы сравнить продолжительность способов подачи огнетушащих веществ при пожаре в ВЗ, а также найти оптимальные последовательности действий с целью уменьшения общей продолжительности, необходимо моделировать процесс развертывания пожарных подразделений для различных сценариев. Для этих целей необходимо провести экспериментальные исследования процесса развертывания.

Сложность проведения экспериментальных исследований оперативно-тактических действий пожарных подразделений заключается в том, что реализация на практике каждого из рассматриваемых сценариев требует затрат ресурсов и времени. Поэтому классическая схема проведения экспериментального исследования, которая предусматривает рассмотрение всех возможных сценариев, не подходит для данного исследования. При использовании теории планирования эксперимента рассматриваются сценарии, опирающиеся лишь на то минимальное число опорных точек, которое необходимо для моделирования исследуемого объекта.

Так как основным маршрутом развертывания пожарных подразделений, независимо от планировочных решений этажей ВЗ, являются марши лестничной клетки, для целей исследования процесса развертывания в ВЗ было решено исследовать процесс подъёма по лестничной клетке. Предусматривалось провести исследование одиночного подъёма с различной нагрузкой и подъёма отделения для подъёма с общим грузом (например, мотопомпой).

Эксперименты проводились в высотном здании ЖК "Дом в Сокольниках" по адресу: г. Москва, ул. Русаковская, д. 31. Подъём производился в самой высокой, пятой секции здания по маршам незадымляемой лестничной клетки типа Н2 в юго-западной части здания. Лестничная клетка имеет следующие параметры: ширина марша – 1,05 м, ширина лестничной площадки – 1,08 м, высота ступени – 0,15 м, ширина проступи – 0,30 м, количество ступеней в марше – 11. Высота этажа здания – 3,3 м.

В составе исследуемой группы находились 10 человек в возрасте от 18 до 24 лет, имеющие средние и высокие показатели физической работоспособности. Подъём производился в специальной одежде пожарного, шлеме пожарного, с поясом и дыхательным аппаратом со сжатым воздухом. При подъёме включение в дыхательный аппарат не производилось. В качестве дополнительной нагрузки использовались напорные пожарные рукава диаметром 77 мм (вес одного рукава составляет  $10 \pm 1$  кг).

По сценарию эксперимента все участники поднимались по маршам лестничной клетки на 42 этаж, где производился замер частоты сердечных сокращений и артериальное давление. Повторные измерения производились после 3 и 6 минут отдыха. После 6 минут отдыха практически у всех обследуемых физиологические показатели выходили на первоначальный уровень (до подъёма). После восстановления производился спуск на лифте и затем повторный подъём на 42 этаж.

Средняя продолжительность первого этапа подъёма составила 12 мин 57 с. Средняя продолжительность второго этапа подъёма составила 14 мин 49 с. Средняя продолжительность подъёма с учётом периода отдыха и спуска составила 39 мин 24 с. При этом один человек не выполнил второй подъём.

При исследовании подъёма отделения в качестве дополнительной нагрузки использовался макет мотопомпы массой 98 кг. Процесс подъёма было решено прекратить на 27 этаже в связи с общей усталостью участников подъёма. Время подъёма мотопомпы на 27 этаж составило 37 мин. Стоит отметить, что показатели частоты сердечных сокращений (далее ЧСС) у участников эксперимента практически с самого начала подъёма вышли на предельные показатели. После прекращения подъёма восстановление ЧСС происходило более 5 мин.

Как известно, длительное движение людей сопровождается появлением усталости. Поэтому для моделирования процесса подъёма пожарных по лестничным клеткам высотного здания линейные модели не подходят. Для того чтобы учитывать усталость, предполагается использовать полные факторные планы 2-го порядка. При использовании этих планов рассматриваемые факторы варьируются на трех уровнях: минимальный, средний и максимальный.

Рассматривается влияние двух факторов:  $X_1$  – высота подъёма (в этажах),  $X_2$  – дополнительная нагрузка (в кг). Место проведения эксперимента 42-этажное здание. Дополнительная нагрузка – напорные пожарные рукава (масса каждого  $10 \pm 1$  кг). Матрица эксперимента представлена в табл. 1.

Таблица 1

**Матрица эксперимента**

№	Высота подъёма		Дополнительная нагрузка	
	$x_1$	$X_1$ (этаж)	$x_2$	$X_2$ (кг)
1	+	42	+	20
2	-	8	+	20
3	+	42	-	0
4	-	8	-	0
5	0	25	+	20
6	0	25	-	0
7	+	42	0	10
8	-	8	0	10
9	0	25	0	10

Согласно построенному плану эксперимента, для получения модели движения пожарных по лестничным клеткам высотного здания достаточно рассмотреть девять сценариев подъёма.

В результате проведения экспериментального исследования будут получены данные, необходимые для моделирования развертывания пожарных подразделений при пожаре в ВЗ. Использование модели развертывания пожарных подразделений при пожаре в ВЗ позволит оценить эффективность использования различных способов тушения пожаров с учётом продолжительности и использования сил и средств.

В результате исследования планируется вывести *"ориентировочные нормативы требуемого количества личного состава и времени для выполнения работ на пожаре в ВЗ"*. Разработка нормативов позволит уменьшить время развертывания сил и средств и, как следствие, – время свободного развития пожара; упростится решение управленческих задач по определению количества участников тушения пожара, необходимых для выполнения различных элементов оперативно-тактических действий.

## Литература

1. **СП 1.13130.2009.** Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.
2. **СП 2.13130.2012.** Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.
3. **Казакова В.А., Терещенко А.С., Недвига Е.С.** Пожарная безопасность высотных многофункциональных зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 3. С. 38-56.
4. **Федеральный закон** от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (ред. от 13.07.2015).
5. **СП 11.13130.2009.** Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения.
6. **Брушлинский Н.Н., Соколов С.В.** Математические методы и модели управления в государственной противопожарной службе: учебник. М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. 173 с.
7. **Теребнев В.В., Семенов Р.А.** Особенности процесса тушения пожара высотного здания // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: сб. тез. докл. междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч. Ч. 1. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. С. 183-186.
8. **Теребнев В.В., Подгрушный А.В., Артемьев Н.С.** Пожаротушение в зданиях повышенной этажности: учеб. пос. М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. 117 с.
9. **Пижурич А.А., Пижурич А.А.** Основы научных исследований в деревообработке: учебник для вузов. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. 305 с.
10. **Исикава К.** Японские методы управления качеством / Сокр.пер. с англ. / Под. ред. А. В. Гличева. М.: Экономика, 1988. 214 с.