

С. А. ЗЕЛЕНКОВ, эксперт, ООО “Бюро технологий безопасности”
(Россия, 125252, г. Москва, 3-я Песчаная ул., 2А; e-mail: ZelenkovS@mail.ru)

А. В. ПОДГРУШНЫЙ, канд. техн. наук, доцент, начальник отдела
Управления пожарной безопасности АО “Газпромбанк” (Россия, 117420,
г. Москва, ул. Нагатинская, 16, корп. 1)

А. Н. ДЕНИСОВ, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры пожарной
тактики и службы, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва,
ул. Бориса Галушкина, 4)

Р. И. БОРДИК, заместитель начальника аварийно-спасательного
отряда № 6, ГКУ “Пожарно-спасательный центр” (Россия, 123103,
г. Москва, просп. Маршала Жукова, 79)

УДК 614.846:721.011.27

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАСОСНО-РУКАВНОЙ СИСТЕМЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Дан анализ существующих методов подачи огнетушащих веществ для тушения пожара на сверх-высоту — от 100 м и более. Выявлены положительные и отрицательные стороны существующих методов. Предложена принципиально новая насосно-рукавная система подачи воды или ее растворов на высоту более 200 м посредством комбинированного применения двухступенчатых насосов высокого давления и рукавов повышенной прочности, а также с использованием сухотрубов, стационарно установленных в зданиях. Полностью подтверждены теоретические предположения и расчеты в ходе опытно-экспериментальных учений на реальном объекте с наивысшей отметкой 213 м. Приведены результаты эксперимента в виде рабочих характеристик испытываемой насосно-рукавной системы с использованием рукавной линии повышенной прочности диаметром 66 мм и сухотруба 80 мм. Выполнен анализ полученных результатов и основных характеристик имеющихся пожарно-технических средств. Предложены основания для проведения комплексного эксперимента на больших высотах в целях подтверждения граничных условий применения комбинированного метода и выработки методических указаний по применению различных методов подачи воды и ее растворов в различных условиях оперативно-тактической обстановки на пожарах в высотных зданиях.

Ключевые слова: пожаротушение высотных зданий; насосно-рукавная система; двухступенчатые пожарные насосы; пожарные насосы высокого давления; комбинированный метод тушения; передвижная пожарная техника; алгоритм; рукава повышенной прочности.

DOI: 10.18322/PVB.2017.26.08.56-64

Введение. Проблемы тушения пожаров в небоскребах

Современные строящиеся города устремляются ввысь, что обусловлено экономическими соображениями и архитектурными изысками. В данной ситуации пожарная наука обязана внедрить в практику тушения действенный инструмент для решения задач пожаротушения и спасания людей на высотах [1]. При этом необходимо учитывать не только технические особенности подачи огнетушащих веществ на сверхвысоты, но и тактические методы применения современной техники в зависимости от динамически меняющихся условий на пожаре. Тушение пожаров на высоте 100 м и более значительно осложняется многими факторами, а время подачи первого ствола и общее время тушения увеличиваются [2, 3]. По состоянию на 2017 г. число зданий высотой бо-

лее 100 м только в Москве превысило 120, из них 33 — выше 150 м, 15 — выше 200 м и 5 — выше 300 м. И сегодня новые высотные здания вводятся в эксплуатацию регулярно.

Целью исследования является разработка комбинированного метода тушения пожаров и экспериментальное исследование насосно-рукавной системы, в состав которой входят двухступенчатый насос с рабочим давлением до 4 МПа и рукавные линии повышенной прочности сечением 66 мм с рабочим давлением до 3 МПа для доставки жидких огнетушащих веществ (ОТВ) для пожаротушения на высоте более 200 м.

В высотных зданиях основным способом подачи ОТВ считается система интегрированного пожарного водопровода с повышающими насосами и промежуточными емкостями, где это необходимо.

В случае если система сработала в штатном режиме, тушение пожара на больших высотах несильно отличается от пожара в обычном здании при условии наличия и исправной работы пожарных лифтов. Однако философия тушения пожара включает в себя такое понятие, как “автономность”, которое означает следующее: тактика, способы и методы пожаротушения должны обеспечивать выполнение основной задачи на пожаре независимо от интегрированных систем пожаротушения. Нередки случаи, когда стационарная система пожаротушения оказывалась неработоспособной или была разрушена в результате чрезвычайной ситуации, и тогда пожарно-спасательные подразделения вынуждены действовать автономно, используя только передвижную пожарную технику. Так, в 2000 г. при пожаре на Останкинской телебашне было недостаточно стационарных средств для пожаротушения. Вследствие этого тушение проводилось переносными огнетушителями, которые вручную доставлялись пожарными на большую высоту из-за невозможности подачи ОТВ на сверхвысоты [4].

Отдельно стоит вопрос об обеспечении пожарной безопасности на строящихся высотных объектах. Зачастую на таких объектах неработоспособны или вообще отсутствуют стационарные системы пожаротушения. Так, например, во время пожара на строящейся башне “Восток” комплекса “Федерация” ММДЦ “Москва-Сити” 2 апреля 2012 г. на высоте 240 м (65-й этаж) на горящих уровнях системы объектового пожаротушения отсутствовали, так как заканчивались в районе 60-го этажа, а мотопомпа для повышения давления не запустилась. В связи с этим тушение осложнялось тем, что для подачи ОТВ необходимо было разместить несколько мотопомп по высотам для обеспечения схемы работы в перекачку, что заняло более 2 ч [5]. Недавний пожар в июне 2017 г. в Greenfell Tower в Лондоне только по официальной статистике унес не менее 80 человеческих жизней, что в очередной раз доказывает актуальность совершенствования средств и методов пожаротушения в высотных зданиях. В августе 2017 г. в 79-этажном небоскребе The Torch Tower в Дубаи произошел очередной пожар, а первый случился в 2015 г. К сожалению, даже новые здания, построенные по современным нормативам пожарной безопасности, не застрахованы от пожаров.

Одним из современных методов тушения сегодня является подача на высотный пожар газифицированной пены за счет сжатого воздуха с помощью специальной установки. При этом происходит образование пены в насосной установке на пожарном автомобиле, расположенном на уровне земли. Такие установки способны подавать ОТВ на высоту до 400 м по стандартным рукавам благодаря значи-

тельно меньшему весу пены в сравнении с водой и, как следствие, значительному снижению гидростатического давления [6]. В случае остановки потока пены в рукавной системе происходит ее разрушение, поэтому для возобновления движения потока огнетушащего вещества требуется время. Высокая динамическая вязкость пены приводит к тому, что в некоторых случаях при остановке потока невозможен его запуск вновь, и тогда требуется замена линии. Особое внимание необходимо уделять прокладке рукавной линии. Это связано с тем, что при заломках рукава поток пены не может расправить его самостоятельно, что приводит к нарушению ламинарного течения и, как следствие, к разрушению пены [7]. Максимальная высота подачи пены с помощью сжатого воздуха, по заявлениям представителей Sky CAFS, составляет 396 м. При проведении пожарно-тактического учения на Останкинской телебашне 10 июля 2014 г. пену по рукавной линии диаметром 77 мм удалось подать на высоту 340 м. Однако через несколько минут работы произошел разрыв рукавной линии, после устранения которого максимальная высота подачи пены сократилась до 290 м [8].

Другим инновационным методом тушения является технология температурно-активированной воды (ТАВ). “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 °C и давление до 10,0 МПа. Эти рукава отличаются исполнением и значительно тяжелее, чем обычные, поэтому время на их прокладку будет выше, чем у обычных рукавов” [8].

Не менее инновационным способом является тушение пожара тонкораспыленной водой с гидробразивной резкой. Насосы в таких установках создают давление до 30 МПа. Вот, казалось бы, решение для тушения пожаров на больших высотах, но и тут есть свои особенности. Такие системы спроектированы таким образом, что для эффективной режущей и распыляющей способности на стволе должно поддерживаться высокое давление. Однако, в силу того что шланг сверхвысокого давления имеет малое сечение и, как следствие, высокое удельное динамическое сопротивление потоку воды, при значительном удалении эффективность таких систем снижается. Стандартная длина шланга таких установок не превышает 100 м [9]. Экспериментально доказано, что режущая способность сохраняется при общей длине линии 350 м.

Для зданий высотой до 150 м возможно применение способа, при котором два пожарных насоса включаются последовательно один за другим. Такой

метод подачи учитывает то, что давление двух центробежных насосов, соединенных последовательно, складывается. При такой схеме есть ограничение: во всасывающей полости насоса давление не может превышать 0,5–0,9 МПа (в зависимости от типа насоса). При большем давлении нарушается герметичность уплотняющих сальников центробежного насоса и в качестве защитной меры срабатывает предохранительный клапан. Исходя из рабочих характеристик первой ступени насоса (на примере Rosenbauer N(H)25), давление не может быть более 1,5 МПа. Таким образом, сложив давления последовательных насосов, получим, что максимальное давление на выходе может составить до 2,4 МПа. При этом важно учитывать, что производителями пожарных насосов не предусмотрены режимы работы первой ступени насоса при давлении выше 1,8 МПа на выходе, поэтому такие режимы используются как крайняя мера. И даже при работе на предельных режимах, при давлении на стволе 0,30–0,35 МПа, насоса — 2,4 МПа и падении давления в силу динамического сопротивления в линии, высота подачи ОТВ не может быть более 190 м, а при штатных режимах — более 150 м [2].

В тех случаях, когда высота здания превышает 150 м, необходимо применять способ перекачки. Для этого используются промежуточные мобильные насосные станции, устанавливаемые на разных этажах здания на расстояниях, не превышающих высоту создаваемого ими гидростатического давления. В случае применения разнотипных мотопомп для стабильной работы схемы необходимо использовать промежуточные емкости.

В любом случае при организации доставки воды на высоту методом перекачки возникает ряд задач, которые необходимо решать в оперативном порядке, на что уходит драгоценное время. При этом следует учитывать, что мобильные насосные установки не распространены в Московском гарнизоне и сосредоточены в основном в одном месте. Кроме того, необходимы средства для подъема мотопомп на высоту, поскольку реализация этой задачи вручную не всегда выполнима или требует недопустимо много времени [10].

Материалы и методы. Применение двухступенчатых насосов высокого давления

Двухступенчатые насосы высокого давления для пожаротушения предусматривается применять в комбинации со специальным жестким рукавом высокого давления на катушке с ограниченным радиусом действия и малым сечением. Это обстоятельство ограничивает использование потенциала насоса в связи с удаленностью позиции ствольщика. Важно

то, что большое удельное сопротивление рукава малого диаметра и, как следствие, значительное падение давления в линии не позволяют подавать воду на большие высоты. Стоит отметить, что в такой линии длиной 60 м потери давления составляют около 2 МПа и для ствола высокого давления остается всего половина от создаваемой насосом энергии. В силу большого удельного веса штатного рукава высокого давления прокладка его на высоту затруднительна, а в некоторых случаях без подъемных механизмов невыполнима [11]. В связи с этим применение второй ступени насосов высокого давления позволяет тушить лишь небольшие пожары при незначительном удалении от насоса автоцистерны, а также на малых высотах.

Давление, создаваемое двухступенчатыми насосами, превышает давление одноступенчатых в 2,5–4 раза, в связи с чем использование стандартных рукавов и рукавной арматуры совместно с насосами высокого давления представляется весьма сомнительным. Однако на современном этапе развития технологий промышленностью производятся надежные рукава повышенной прочности с отличными техническими характеристиками. На оснащении пожарно-спасательных подразделений имеются рукава с рабочим давлением до 3,0 МПа и разрывным давлением до 6,0 МПа. Такие рукава используются в основном для тушения пожаров в подземных сооружениях метрополитена, где давление воды в рукавах возрастает за счет гидростатического давления из-за большой разницы высотных отметок расположения насоса и ствола на позиции тушения пожара. В настоящий момент использование имеющихся рукавов повышенной прочности для подачи воды на высоту не представляется возможным в силу отсутствия возможности соединения с двухступенчатыми насосами высокого давления, а главное отсутствия методики организации таких насосно-рукавных систем и способов их применения.

В настоящей статье рассматривается методика подачи ОТВ в высотные здания и объекты, включающая в себя технические и тактические решения. С технической стороны необходима такая насосно-рукавная система, которая позволит использовать весь потенциал насоса высокого давления для преодоления гидростатического и динамического давления и обеспечить подачу ОТВ на высоту. Для решения этой задачи нужно создать интерфейс между разнотипными системами и подобрать рукавные линии, способные работать совместно с насосами высокого давления.

С тактической точки зрения необходима методика прокладки рукавной линии на высоту. Для качественной и быстрой прокладки линии требуется слаженная работа подразделений, проводящих раз-

вертывание, а где это возможно — параллельно согласованная работа на разных участках.

Теоретические основы. Обоснование выбора элементов для насосно-рукавной системы

Выбор типа линии является важным вопросом. Рукавную линию сечением 66 мм в данном случае можно считать “золотой серединой”. Рукава диаметром 51 мм обладают большим динамическим сопротивлением, что сильно снижает эффективность всей системы. Соединительные головки для 77-мм линий не производятся для давления свыше 1,6 МПа в соответствии с ГОСТ Р 53279–2009. Это связано с резким увеличением нагрузки на соединительные кlyки из-за квадратичного увеличения площади сечения с ростом диаметра. В свою очередь, увеличение диаметра рукава с 66 до 77 мм при расходе до 10 л/с не дает значительного преимущества. Стоит учитывать, что вес самих рукавов диаметром 77 мм замедляет их прокладку, а большее количество воды для наполнения увеличивает время подачи первого ствола и нагрузку на рукавные задержки при работе. Не стоит забывать и про так называемый “мертвый объем”, который не может быть использован при тушении и всегда остается в линии. Для сравнения, в рукавах диаметром 77 мм он на 35 % больше, чем в 66-мм линии. Это актуально для тех случаев, когда автомобиль не установлен на водоисточник. На рис. 1 представлено семейство теоретически рассчитанных характеристик, показывающих максимально достижимую высоту подачи ОТВ при различных условиях. На графике наглядно видно обоснование выбора типа линии. На данный момент на

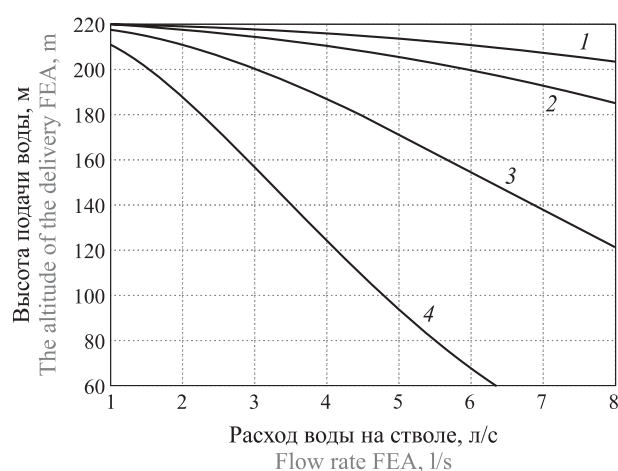


Рис. 1. Зависимость максимальной высоты подачи ОТВ от его расхода и диаметра рукавов (давление насоса 2,5 МПа и на стволе 0,3 МПа): 1 — 77 мм, сухотруб; 2 — 66 мм; 3 — 51 мм; 4 — 38 мм

Fig. 1. The maximum altitude of the delivery as function on flow rate FEA and the diameter of the hose: 1 — 77 mm, dry pipe; 2 — 66 mm; 3 — 51 mm; 4 — 38 mm

оснащении подразделений Московского пожарно-спасательного гарнизона рукава с рабочим давлением 30 МПа имеются в достаточном количестве и готовы к применению.

Важным связующим элементом комбинированного метода подачи воды на высоту является специально разработанный переходник между головкой STORZ 38 и головкой по ГОСТ Р 53279–2009 “Богдановская” диаметром 66 мм, выполненный из латуни с рабочим давлением до 4 МПа и испытанный при давлении до 6 МПа.

Для прокладки рукавной линии на высоту существует два основных способа — вертикальный и ползучий по лестничному маршу. Из расчетов видно, что ползучая прокладка проигрывает по эффективности вертикальной примерно в 1,5 раза. Вертикальная прокладка по внешней части на высотном здании затруднительна, опасна, да и маловероятна, поскольку большая часть высотных зданий полностью застеклена. Однако вертикальную схему можно обеспечить по лестничному маршу незадымляемой лестничной клетки (основной или аварийной), который в обязательном порядке присутствует в любом здании. Для этого необходимо пропустить линию между пролетами марша максимально прямолинейно, что в конечном счете будет сильно влиять на эффективность работы системы в целом. Во время прокладки необходимо учитывать удлинение рукавов при наполнении линии, иначе не избежать заломов и изгибов и, как следствие, снижения эффективности работы системы. Преимуществами данного способа являются скорость прокладки, доступный контроль работы линии и легкость замены рукава в случае прорыва. В современном строительстве обязательно предусматривается в каждой пожарной секции дома наличие специальных лифтов, работающих в режиме транспортировки пожарных подразделений. Это очень важно, поскольку наиболее быстро и качественно можно проложить линию именно сверху вниз, правда при этом важна слаженная работа подразделений.

Предложенная схема подачи ОТВ еще более эффективно может быть реализована при использовании ее совместно с интегрированным в здание сухотрубом. Такой способ дает существенные преимущества по скорости сборки схемы, поскольку нет необходимости в вертикальной прокладке, и по удобству забора ОТВ на различных этажах во время динамически меняющейся обстановки на пожаре. Важной особенностью является также наличие в нижней части сухотруба соединительной головки Ø66 мм. К сожалению, большинство сухотрубов имеют арматуру Ø77 мм, которая не обеспечивает необходимой прочности по давлению для работы на высотах более 120 м.

Результаты и их обсуждение. Рабочий водяной ствол на высоте более 200 м непосредственно от насоса

Первые практические испытания были проведены в октябре 2015 г. с использованием сухотруба на коленчатом подъемнике F 90 HLA. В ходе эксперимента была реализована подача ОТВ на отметку 85 м комбинированным методом и получено практическое подтверждение работоспособности теоретических предположений. Кроме того, созданы предпосылки для проведения опытно-экспериментальных учений на объектах с высотами более 200 м с испытанием рукавной линии повышенной прочности, а также сухотруба, интегрированного в здание.

Первые опытно-экспериментальные учения были проведены в Москве в августе 2016 г. в жилом здании высотой 213 м на Мосфильмовской улице (рис. 2). В эксперименте был использован двухступенчатый насос Rosenbauer N(H)25 с рабочими параметрами 4 МПа при расходе до 400 л/мин (или 6,6 л/с) и рукава повышенной прочности Ziegler Pioneer 500 Ø66 мм с рабочим давлением 2,5 МПа. Высота рабочего ствола на крыше составила 203 м от уровня насоса. В ходе учений были опробованы три схемы: с рукавной линией Ø66 мм; с использованием сухотруба Ø80 мм; традиционная схема из насоса в насос с использованием ступени нормального давления. Прокладка напорной рукавной линии осуществлялась по эвакуационному лестничному маршу прямолинейно между пролетами с выходом на крышу. При использовании сухотруба верхняя часть линии высотой 30 м была проложена рукавами Ø66 мм, поскольку сухотруб не доходил до крыши в силу особенностей планировки верхних этажей здания. В точке перехода сухотруба в рукавную линию был

установлен манометр для объективной оценки работы системы.

Расчет расхода ствола обеспечивался измерением времени наполнения емкости фиксированного объема, что в свою очередь дает хорошую точность измерения при времени наполнения от 30 до 180 с. В ходе эксперимента был получен ряд рабочих характеристик испытываемых насосно-рукавных систем по подаче ОТВ. Измерение давления проводилось с помощью интегрированного на автоцистерне манометра, не обладающего гидростабилизацией, что объясняет некоторый разброс полученных результатов. Математическая аппроксимация данных показала, что они соответствуют теоретическим закономерностям. На рис. 3 и 4 приведены результаты, полученные в ходе эксперимента. Сплошной линией представлены измеренные данные, пунктиром — математические аппроксимации.

Анализ полученных в экспериментах результатов (см. рис. 3 и 4) и сравнение их с характеристиками ранее использовавшихся методов показали следующие преимущества нового метода. Достигнутые значения высоты подачи ОТВ значительно превосходят показатели не только систем с последовательно включенными одноступенчатыми насосами, но и всех других схем, существовавших ранее, за исключением метода в перекачку. Однако новый метод в сравнении с перекачкой может быть реализован при меньшем количестве личного состава и техники, а также за меньшее время.

Полученные расходы ОТВ на высоте более 200 м при запитывании от насоса высокого давления составляют 4–6 л/с (см. рис. 3 и 4), что меньше производительности первой ступени, но достаточно для работы 1–2 стволов. К тому же современные мировые



Рис. 2. Жилой комплекс на Мосфильмовской улице

Fig. 2. Apartment complex on Mosfilmovskaya street



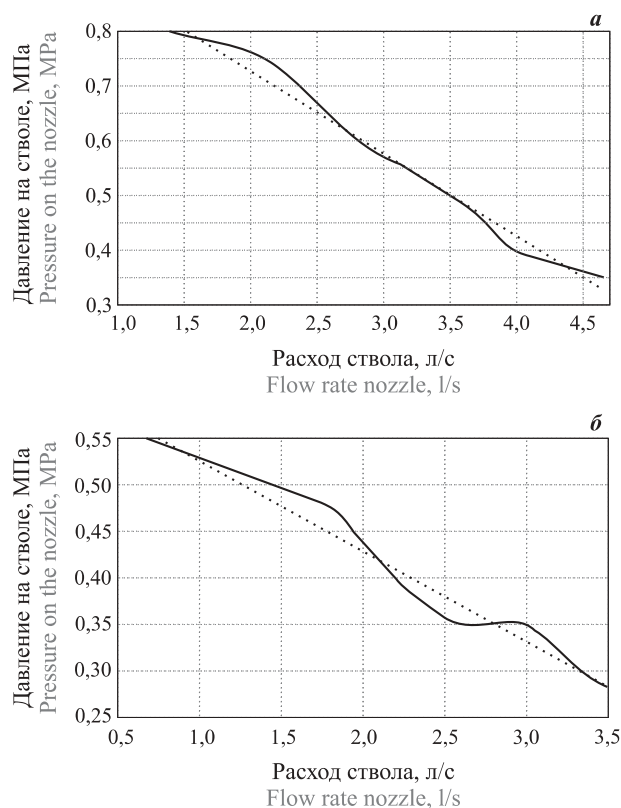


Рис. 3. Зависимость давления на стволе от расхода ОТВ при давлении насоса 2,5 МПа: а — рукавная линия Ø77 мм; б — сухотруб Ø80 мм

Fig. 3. A function of pump pressure and flow rate at constant pressure of nozzle 2.5 MPa: а — hoses Ø77 mm; б — dry pipe Ø80 mm

исследования пожаров в высотных зданиях показывают, что в большинстве случаев пожар может быть ликвидирован значительно меньшим количеством воды, чем в обычном здании, благодаря более жестким нормам пожарной безопасности строительства для высотных зданий и, как правило, меньшей горючей нагрузке [12, 13]. Учитывая нормативную интенсивность подачи ОТВ, можно говорить о том, что комбинированным методом от одного насоса может быть потушен пожар на площади от 40 до 100 м² в зависимости от категории здания [14].

Применение комбинированного метода с использованием сухотруба позволяет существенно сократить время до подачи первого ствола и затраты ресурса личного состава на прокладку линии, которые, в свою очередь, могут быть направлены на решение других задач на пожаре.

Выводы

Интенсивность высотного строительства в мегаполисах растет с каждым годом, а значит, и способы решения задач подачи воды для тушения пожаров должны совершенствоваться, чтобы обеспечить пожарные подразделения техническими средствами и

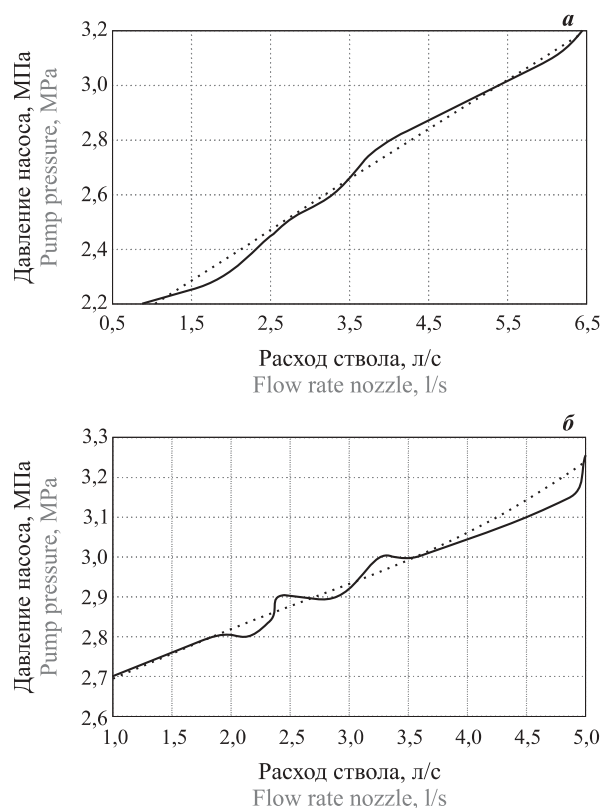


Рис. 4. Зависимость расхода ОТВ от давления насоса: а — давление на стволе 0,6 МПа, рукавная линия Ø77 мм; б — давление на стволе 0,7 МПа, сухотруб Ø80 мм

Fig. 4. A function of pump pressure and flow rate at constant pressure of nozzle: а — 0.6 MPa, hoses Ø77 mm; б — 0.7 MPa, dry pipe Ø80 mm

методами быстрого и эффективного тушения пожаров. Существующие методы устарели в современном мире небоскребов и либо не обеспечивают тушение на требуемых высотах, либо очень сложны и требуют много сил и средств для их реализации.

В настоящей работе предложена новая комбинированная насосно-рукавная система подачи ОТВ на высоту от двухступенчатого насоса высокого давления с использованием рукавов повышенной прочности и специального переходного соединения. Предложенная схема позволяет направить всю мощность двигателя пожарной автоцистерны посредством двухступенчатого насоса высокого давления на преодоление гидростатического и динамического давления, что при некотором снижении производительности в сравнении с одноступенчатым насосом обеспечивает доставку воды на недостижимые ранее высоты непосредственно от насоса. В случае необходимости повысить производительность данного метода можно параллельно масштабировать предложенный способ, что добавит надежность при переключениях или повреждениях на линии.

Одной из особенностей нового метода является то, что все элементы (в особенности дорогостоящие,

такие как насосы высокого давления и рукава повышенной прочности) уже имеются в достаточном количестве и используются в различных гарнизонах России. Для реализации данного метода при тушении пожаров необходим минимум дополнительно оборудования, а именно переходники для обеспечения интеграции разнотипных систем. Важной частью внедрения новой схемы является разработка методических указаний по использованию различных схем подачи ОТВ в разных условиях оперативно-тактической обстановки на пожарах в высотных зданиях. Не менее важна разработка указаний по проведению периодических испытаний элементов насосно-рукавной системы, которая должна надежно и безопасно работать при давлениях до 4 МПа. Анализ результатов и расчеты показали воз-

можность подачи жидких ОТВ на высоты свыше 200 м. Проведенные на реальном объекте испытания подтвердили теоретические предположения.

Анализ рабочих характеристик последних образцов пожарных двухступенчатых насосов высокого давления Rosenbauer NH 55 и предварительные расчеты дают предпосылки для проведения опытно-экспериментальных учений на высотах более 350 м в целях определения максимальных возможностей высотного способа подачи и выявления граничных условий его применения. По результатам очередных опытно-экспериментальных учений можно разработать методические указания для пожарно-спасательных подразделений по подаче ОТВ на высоты от 150 до 370 м для тушения пожаров в различных динамически меняющихся условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирюханцев Е. Е., Иванов В. Н. О повышении эффективности тушения пожаров в высотных зданиях // Технологии техносферной безопасности. — 2013. — № 5(51). — 5 с.
2. Подгруппный А. В., Денисов А. Н., Хонг Ч. Д. Современные проблемы тушения пожаров в зданиях повышенной этажности и высотных зданиях // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2007. — Т. 16, № 6. — С. 53–57.
3. Xiuyu Liu, Hao Zhang, Qingming Zhu. Factor analysis of high-rise building fires reasons and fire protection measures // *Procedia Engineering*. — 2012. — Vol. 45. — P. 643–648. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.08.216.
4. Тербнев В. В., Подгруппный А. В., Артемьев Н. С. Пожаротушение в зданиях повышенной этажности. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. — 117 с.
5. Теленков А. М. Как мы тушили башню // Системы безопасности. — 2012. — № 3. — С. 118–120.
6. Xie Hao. Heavy compressed air foam truck applied to high-rise building fires // *Procedia Engineering*. — 2013. — Vol. 52. — P. 458–467. DOI: 10.1016/j.proeng.2013.02.169.
7. Wang Huai-bin, Xie Hao. Research on application of heavy compressed air foam truck applied in high-rise building fires // *Procedia Engineering*. — 2014. — Vol. 71. — P. 276–285. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.04.040.
8. Семенов Р. А. Исследование тушения пожаров в высотных зданиях на этапе строительства // Технологии техносферной безопасности. — 2015. — № 3(61). — С. 145–152.
9. Теленков А. М. Инновационные технологии пожаротушения. Возможности тонкораспыленной воды // Пожарная безопасность: каталог. — 2014. — С. 104.
10. Карама Е. А., Арканов П. В., Дьяков М. В. Способы подачи огнетушащих веществ по насосно-рукавным системам в высотные здания // Техносферная безопасность. — 2016. — № 2(11). — С. 61–66.
11. Усманов Р. А., Лавровский А. Н., Денисов А. Н. Обоснование проблемы моделирования оперативно-тактических действий при тушении пожаров в высотных зданиях // Технологии техносферной безопасности. — 2016. — № 5(69). — С. 87–93.
12. Drzymala T., Kieliszek S., Szutkowski M. An analysis of water supply system requirements to enhance fire safety in high rise residential accommodation // *Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza*. — 2016. — Vol. 43, Issue 3. — P. 275–284. DOI: 10.12845/bitp.43.3.2016.25.
13. Казакова В. А., Терещенко А. Г., Недвига Е. С. Пожарная безопасность высотных multifunctional зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. — 2014. — № 3(18). — С. 38–56.
14. Тербнев В. В., Артемьев Н. С., Грачев В. А. Справочник спасателя-пожарного. — М.: Центр пропаганды, 2006. — 527 с.

Материал поступил в редакцию 9 августа 2017 г.

Для цитирования: Зеленков С. А., Подгруппный А. В., Денисов А. Н., Бордик Р. И. Комбинированный метод тушения пожаров в высотных зданиях с использованием насосно-рукавной системы высокого давления // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2017. — Т. 26, № 8. — С. 56–64. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.08.56-64.

COMBINED METHOD OF EXTINGUISHING FIRES IN HIGH-RISE BUILDINGS USING HOSE-PUMP HIGH PRESSURE SYSTEM

ZELENKOV S. A., Expert, LLC "Safety Technologies Bureau"

(3-ya Peschanaya St., 2A, Moscow, 125252, Russian Federation;

e-mail: ZelenkovS@mail.ru)

PODGRUSHNYY A. V., Candidate of Technical Sciences, Associate

Professor, Head of Fire Safety Department of JSC "Gazprombank"

(Nametkina St., 16, Moscow, 117420, Russian Federation)

DENISOV A. N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

Professor of the Department of Fire Tactics and Service, State Fire

Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366,

Russian Federation)

BORDIK R. I., Deputy Chief of Rescue Unit 6, Moscow Fire Rescue

Center (Marshala Zhukova Avenue, 79, Moscow, 123103, Russian Federation)

ABSTRACT

The purpose of this research is to design and experimental testing of a prototype system, which combines the use of a high pressure pump and reinforced hose to deliver suitable flow rates of liquid fire extinguishing agents (FEA) to firefighters in high-rise buildings at altitudes in excess of 200 m. The main components consist of a high pressure fire pump, coupled with 66 mm diameter reinforced high-strength delivery hoses.

For altitudes up to 150 meters, it is permissible to use the traditional methods in which two centrifugal pumps connected in relay, the pressures achieved using relayed pumps in sync more than meet the needs of operations at this height. Issues are encountered, when it is necessary to push a column of water more than 150 meters, it is necessary to use alternative methods. To counter the issue, a holistic approach is required, encompassing a new strategy with modern equipment and methods of extinguishing fires at high altitudes.

The new researched method tested combines the use of hoses of high strength with a working pressure of 3–4 MPa in conjunction with the high-pressure pump, for the purpose of the research, the chosen is a Rosenbauer NH25 with a parameters of 4 MPa at 6.6 l/s. The choice of high tensile strength hose is an important issue. As a result of calculations and comparative analysis of equipment, hoses of 66 mm diameter were determined as being the "Golden mean". Another important element of the system is a specially designed adapter between the connections STORZ 38 and GOST R 53279–2009 66 mm "Bogdanovskaya".

In experimental exercises using an high rise with a height of 213 meters, a two-stage pump Rosenbauer N(H)25, and hoses of high strength Ziegler Pioneer 500 with a working pressure of 2.5 MPa, Ø66 mm was deployed and dry pipe Ø80 mm. It is also a very effective option if a dry pipe system can be intergrated into the method. There is no time for delivery of the vertical line and pic up of the FEA can be introduced on different floors. Theoretical estimates were confirmed in the conducted experiment, which proves the possibility of application. In comparison with existing methods, it as the obvious advantages of reduced time to deploy and much reduced manpower requirements. Analysis of working characteristics of the latter, samples high-pressure pumps Rosenbauer NH55, and the calculations, give the prerequisites for carrying out experimental exercises at altitudes of more than 350 meters to determine the maximum potential and development of recommendations for fire brigade use.

Keywords: high-rise firefighting; high pressure vertical multistage pumps; two-stage pumps in firefighting; high pressure firefighting pumps; combined method high-rise extinguishing; mobile high-rise firefighting equipment; algorithm; reinforced hoses.

REFERENCES

1. Kirukhancev E. E., Ivanov V. N. On improving the efficiency extinguishing fires in high-rise buildings. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti / Technology of Technosphere Safety*, 2013, no. 5(51). 5 p. (in Russian).
2. Podgrushnyy A. V., Denisov A. N., Hong C. D. Modern problems of fighting fires in high-rise buildings. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2007, vol. 16, no. 6, pp. 53–57 (in Russian).
3. Xiuyu Liu, Hao Zhang, Qingming Zhu. Factor analysis of high-rise building fires reasons and fire protection measures. *Procedia Engineering*, 2012, vol. 45, pp. 643–648. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.08.216.
4. Terebnev V. V., Podgrushnyy A. V., Artemyev N. S. *Pozharotusheniye v zdaniyakh povyshennoy etazhnosti [Fire fighting in high-rise buildings]*. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russian Publ., 2009. 117 p. (in Russian).
5. Telenkov A. M. How we extinguished the tower. *Sistemy bezopasnosti / System of Safety*, 2012, no. 3, pp. 118–120 (in Russian).
6. Xie Hao. Heavy compressed air foam truck applied to high-rise building fires. *Procedia Engineering*, 2013, vol. 52, pp. 458–467. DOI: 10.1016/j.proeng.2013.02.169.
7. Wang Huai-bin, Xie Hao. Research on application of heavy compressed air foam truck applied in high-rise building fires. *Procedia Engineering*, 2014, vol. 71, pp. 276–285. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.04.040.
8. Semyonov R. A. Research of extinguishing of fires in high-rise building in the construction phase. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti / Technology of Technosphere Safety*, 2015, no. 3(61), pp. 145–152 (in Russian).
9. Telenkov A. M. The innovative fire extinguishing technology. Capability of fine-dispersed water. *Pozharnaya bezopasnost. Katalog / Fire Safety. Catalog*, 2014, p. 104 (in Russian).
10. Karama E. A., Arkanov P. V., Dyakov M. V. Ways of delivery of fire extinguishing substances by a pump and hose systems in high-rise buildings. *Tekhnosfernaya bezopasnost / Technosphere Safety*, 2016, no. 2(11), pp. 61–66 (in Russian).
11. Usmanov R. A., Lavrovsky A. N., Denisov A. N. The rationale of modeling of tactical actions when fighting fires in high-rise buildings. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti / Technology of Technosphere Safety*, 2016, no. 5(69), pp. 87–93 (in Russian).
12. Drzymala T., Kieliszek S., Szutkowski M. An analysis of water supply system requirements to enhance fire safety in high rise residential accommodation. *Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza*, 2016, vol. 43, issue 3, pp. 275–284. DOI: 10.12845/bitp.43.3.2016.25.
13. Kazakova V. A., Tereshchenko A. G., Nedviga E. C. The high-rise buildings fire safety. *Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy / Construction of Unique Buildings and Structures*, 2014, no. 3(18), pp. 38–56 (in Russian).
14. Terebnev V. V., Artemyev N. S., Grachev V. A. *Spravochnik spasatelya-pozharnogo [Guidebook rescuer-firefighter]*. Moscow, Tsentr Propagandy Publ., 2006. 527 p. (in Russian).

For citation: Zelenkov S. A., Podgrushnyy A. V., Denisov A. N., Bordik R. I. Combined method of extinguishing fires in high-rise buildings using hose-pump high pressure system. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 8, pp. 56–64 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.08.56-64.