

# УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ТОНКОРАСПЫЛЕННОЙ ВОДОЙ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ.

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Гергель В. И., к.т.н. (НПО «ПРОСТОР»)

Речь пойдет об установках пожаротушения тонкораспыленной водой на основе водяного насоса высокого давления с параметрами по расходу воды – от 15 до 30 (40) л/мин, и давлением до 20 МПа (200 атм.). Подобные установки разработаны и выпускаются в России впервые. Разработчик – НПО «ПРОСТОР» совместно с Ассоциацией «ПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА». Серия таких установок под общим названием УПТВ с добавлением индекса (50, 125 и 300) различаются, прежде всего, производительностью, а также применением. Самая легкая УПТВ-50 это передвижная установка имеет запас воды 50 литров. УПТВ-300 – предназначена для встраивания в пожарно-спасательный автомобиль и имеет запас воды не менее 300 литров. УПТВ-125 это вариант стационарной установки, предполагающий встраивание в систему пожарной защиты высотных и многофункциональных зданий и сооружений в качестве дополнительного (резервного) источника пожаротушения. Все УПТВ многовариантны и имеют возможность работать от различных приводов. В качестве привода может быть использован ДВС, электродвигатель или гидравлический мотор.

## ОСОБЕННОСТИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ТОНКОРАСПЫЛЕННОЙ ВОДОЙ

Сама по себе вода является самым эффективным природным материалом для тушения пожаров. Это свойство заложено в природе воды. Частицы воды, попадая в очаг огня, проходят две стадии превращения: нагрев до 100°C и испарение при постоянной температуре 100°C. Для нагрева 1 литра воды от комнатной температуры до кипения необходимо затратить энергию в количестве 335 кДж, а для его дальнейшего полного испарения и превращения в водяной пар примерно в 7 раз больше, т.е. еще 2260 кДж. [1]. Вывод – вода обладает самой высокой теплопоглощающей способностью.

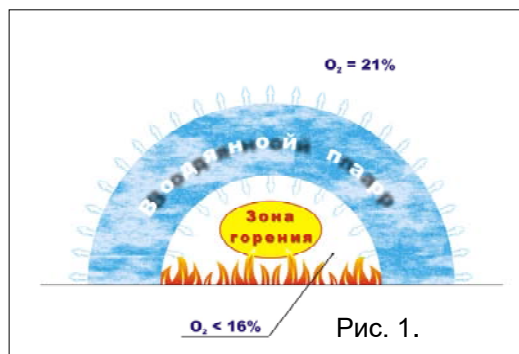
Для повышения интенсивности теплопоглощения необходимо увеличить площадь поверхности контакта водяных частиц с источником теплового излучения (увеличить поверхность испарения). Это достигается за счет дробления частиц воды на более мелкие частицы. В таблице 1 приведены характерные размеры частиц для

Таблица 1

	Размер капель (mm)	Количество капель в литре воды	Суммарная площадь поверхности капель (m <sup>2</sup> )
 КАПЛЯ ИЗ ОБЫЧНОГО СПРИНКЛЕРА	10	1.9 × 10 <sup>3</sup>	0.6
 ВОДЯНОЙ ТУМАН НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ	1	1.9 × 10 <sup>6</sup>	6
	0.1	1.9 × 10 <sup>9</sup>	60
 ТОНКОРАСПЫЛЕННАЯ ВОДА	0.01	1.9 × 10 <sup>12</sup>	600
	0.1 ×	1000 ×	10 ×

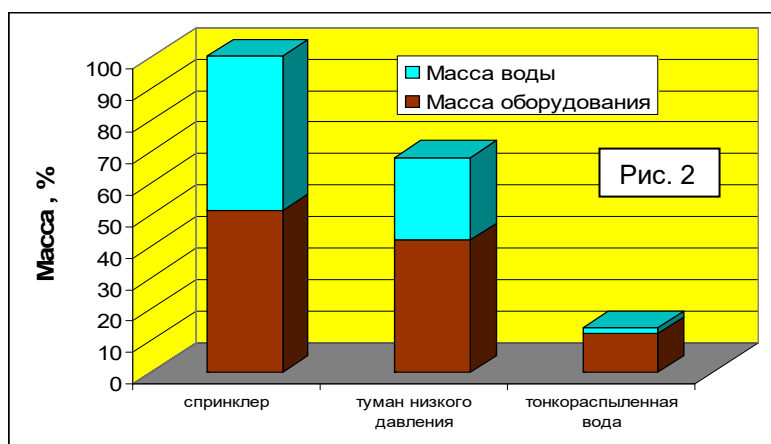
различных установок пожаротушения и приведены соотношения количества частиц воды и их суммарная поверхность испарения. Так, например, если уменьшить размер частиц воды определенного объема в 6 раз (например, с 300мкм до размера «водяного тумана» - примерно 50мкм), это приведет к росту числа частиц в 200 раз, увеличению суммарной поверхности испарения примерно в 40 раз и значительному (более чем в 30 раз) сокращению времени испарения [2].

Попадая в зону огня, тонкораспыленная вода начинает интенсивно испаряться. При полном испарении 1л. воды образуется около 1600л. пара. Процесс парообразования происходит непосредственно в очаге пожара и развивается как внутри зоны горения, так и наружу. Этот процесс не нужно экспортировать извне как, например, при газовом пожаротушении. Защитный слой пара изолирует зону горения, давая выгореть кислороду воздуха в ней, и препятствует доступу кислорода, способного поддержать горение (см. рис 1). Когда концентрация кислорода в очаге горения снизиться до 16 – 18% (против естественной в 20,93%), огонь сам затухает.



Используя технологию пожаротушения при помощи тонкораспыленной воды, можно сократить расход воды в десятки и более раз. Об экономичности таких установок по сравнению с системами пожаротушения, на основе вытеснительных систем низкого давления (например, спринклерных) и говорить не приходится (см. рис.2). Если принять за базу усредненную спринклерную систему, то в ней примерно поровну

распределены масса оборудования необходимый запас воды. По сравнению с ней на треть меньше по общей массе установка пожаротушения на основе вытеснительной системы более высокого давления (до 3 МПа). В них и соотношение массы оборудования к массе воды составляет примерно 1,5. Но всего лишь 15% от



спринклерной системы составляет общая масса системы пожаротушения на основе тонкораспыленной воды давлением 15...20 МПа. Соотношение же массы оборудования к массе запасенной для пожаротушения воды и вовсе

впечатляет - примерно 10:1. [3].

Но есть еще и дополнительное преимущество от использования водяного тумана при тушении пожара:

- водяной туман весьма эффективно выполняет функцию дымоподавления (дымоосаждения);
- мелкодисперсная вода экранирует тепловое излучение и может использоваться для защиты пожарного, а также материальных ценностей на пожаре;
- распыленная вода, в отличие от водяных струй, более равномерно охлаждает сильно разогретые металлические поверхности несущих конструкций, что исключает их локальную деформацию, потерю устойчивости и разрушение;
- низкая электрическая проводимость водяного тумана делает возможным его применение в качестве эффективного средства пожаротушения на электроустановках, находящихся под напряжением.

Все эти особенности и преимущества постоянно побуждают конструкторов искать все новые и новые решения при создании устройств и агрегатов, способных превращать водяной поток в кинетику мелкодисперсных частиц. Однако возникает проблема. Чем меньше частица воды, тем трудней заставить ее двигаться с высокой скоростью. Особенно это принципиально, когда речь идет не о спринклерных системах пожаротушения, в которых дополнительно задействован гравитационный

механизм разгона частиц воды. В горизонтальном направлении тонкораспыленная вода сама по себе не летит. Ее нужно заставить двигаться. Есть несколько подходов для решения этой задачи. Например [4]:

- Диспергирование воды и формирование потока капель за счет газодинамического потока газа-пропеллента. Однако если этот газ – сжатый воздух, то в зону горения привносятся дополнительные порции кислорода, а это может существенно замедлить процесс тушения, либо наоборот – способствовать горению.
- Формирование полидисперсного потока капель, в котором для транспортировки водяного тумана в зону горения используется кинетическая энергия капель более крупного размера.
- Распыление воды под высоким давлением (до 200 атм.) на прецизионных форсунках.

Два последних принципа – полидисперсный поток плюс применение специальных роторных и тангенциальных форсунок и были использованы при разработке серии установок пожаротушения УПТВ.

## КОМПОНОВКА И СОСТАВ ИЗДЕЛИЯ

Главными и принципиальными особенностями разработанных УПТВ являются: во-первых, применение в установках водяных насосов, способных развивать давление от 10 до 20 МПа при производительности от 30 до 15 л/мин (именно в таком соотношении); во-вторых – применение специально разработанного пожарного ствола, обеспечивающего формирование тонкораспыленного режима истечения для различных режимов пожаротушения.

Основными компонентами УПТВ являются:

- водяной насос высокого давления поршневого или плунжерного типа;
- привод насоса (бензо-, электро-, гидро-);
- бак с водой (от 50 до 300 литров);
- рукавная катушка с рукавом высокого давления (РВД) длиной до 100м;
- пожарный ствол подачи тонкораспыленной воды комбинированный (ствол ТРВК) с переключателем режимов подачи воды или пены;
- бак с пенообразователем от 3 до 10 литров (при необходимости);
- узел настройки и регулирования кратности подачи пены;

- узел запуска установки под нагрузкой (система заполнена водой) и в холодное время.

На рис.3 показана компоновочная схема и общий вид УПТВ-50.

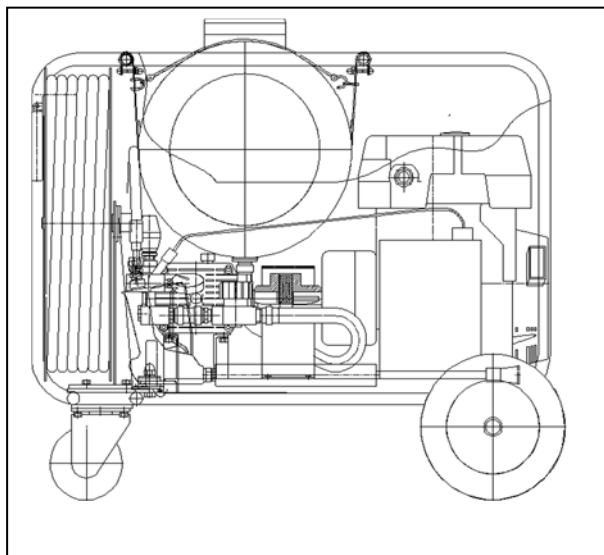


Рис. 3

### НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ УПТВ

УПТВ предназначены для тушения пожаров классов А, В, С и Е. УПТВ особенно эффективны при тушении пожаров в замкнутом объеме и на начальной стадии горения, а также для сдерживания развития пожара до прибытия основных средств развертывания тяжелой огнетушащей техники.



В качестве пожарного ствола для УПТВ

Рис.4



разработан ствол тонкораспыленной воды комбинированный (ствол ТРВК).

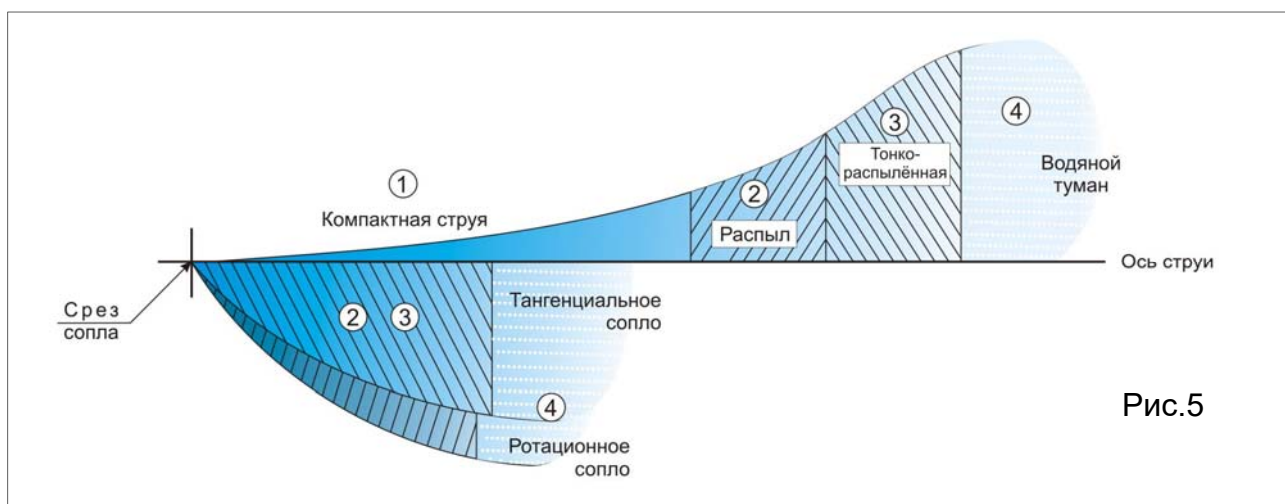
Комбинированный означает, что он может использоваться как ствол для тушения водой (два режима), и как ствол для подачи пены (см. рис.4).

Высокое давление воды и высокая скорость ее истечения из ствола ТРВК (примерно 200 м/с) позволяют эффективно управлять режимами истечения, а также формировать необходимый (расчетный) факел струи. Например:

- РЕЖИМ 1. Компактная струя в начальной стадии полета и тонкораспыленная в конечной фазе.
- РЕЖИМ 2. Распыленная и тонкораспыленная вода непосредственно на выходе из ствола. Форма факела здесь зависит от типа применяемого сопла.
- Существует еще и РЕЖИМ 3 – режим работы через пенный насадок. Этот режим с использованием пенообразователя предназначен для тушения пожаров класса В.

Ниже остановимся подробно на рассмотрении особенностей пожаротушения на каждом из перечисленных режимов, а также на выборе параметров и формы струи в зависимости от типа и геометрии сопла, давления перед соплом, расхода воды.

На РЕЖИМЕ 1 высокоскоростной, компактный поток воды за счет торможения о воздух начинает самораспыляться. При этом можно выделить и количественно охарактеризовать четыре последовательные фазы потока (см. ниже).



На рис.5 (верхняя часть) схематически изображен характер истечения воды из сопла, формирующего высокоскоростную компактную струю. На начальном участке истечения вода, за счет высокой кинетической составляющей, выполняет функцию переноса. Дальность или длина компактного тела струи в нашем конкретном случае достигает нескольких метров. По мере полета струи и дробления ее в результате торможения о воздух, происходит расширение и увеличение объема потока. На западе режим пожаротушения тонкораспыленной водой, создаваемый установками высокого давления, принято называть «JET FOG» - летящий туман. При дальнейшем

развитии процесса размеры частиц уменьшаются, а результирующая скорость частиц все больше отклоняется от оси струи. Развитие процесса ускоряет встречный тепловой поток (см. рис.6.). В зоне «распыла» размеры частиц составляют от 1 до нескольких миллиметров; в зоне «тонкого распыления» - на порядок меньше (100 – 300мкм.); в зоне «водяного тумана» размер частиц сокращается до десятков микрон, а суммарная поверхность испарения по отношению к зоне «распыла» возрастает более, чем в сто раз.

Как только результирующая скорость частицы воды становится перпендикулярной к оси струи, частица воды теряет способность преодолевать барьер конвективного потока зоны горения. А в предельном случае встречный тепловой поток способен развернуть легкие частицы воды в обратном направлении.

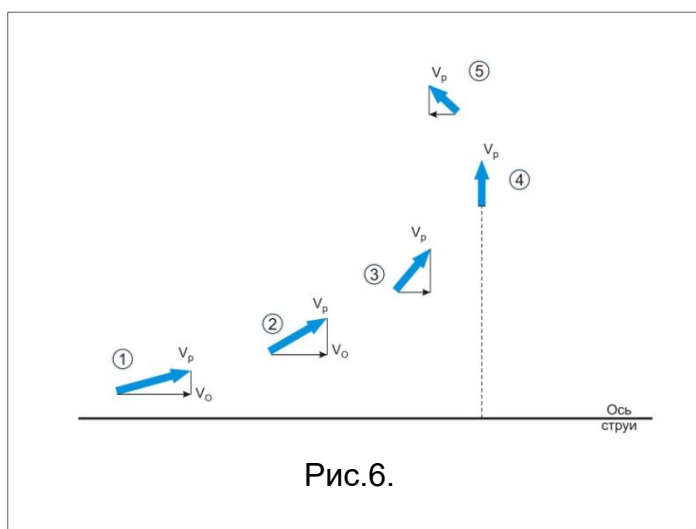


Рис.6.

На фазе полета в точках 1 – 3 (см. рис.5) частицы воды способны проникать в зону горения. В фазе 4 – не проникают, но еще способны сдерживать распространение фронта конвективного излучения. В фазе 5 водяной туман разворачивается тепловым потоком в обратном направлении. В этой фазе происходит особенно

интенсивное поглощение тепла, однако возникает опасность термического ожога перегретым паром.

На РЕЖИМЕ 2 (см. нижнюю часть рис.5) непосредственно на срезе сопла формируется факел тонкораспыленной воды с углом раскрытия от 30° до 45°. Разрушение целостности потока происходит либо внутри специальных тангенциальных форсунок, либо за счет использования ротационных форсунок (сопел). В тангенциальных соплах происходит преобразование струйных течений в истечение капель. При этом, что давление, расход и скорость истечения соответствуют вышеописанному режиму, дальность полета распыленной струи невелика. По некоторым оценкам [4] для выбранных режимов истечения она не будет превышать 7-8 метров при горизонтальном направлении оси струи. В ротационных форсунках струя воды, выходящая как компактная, закручивается с

угловой скоростью примерно 4000 об/мин. и формирует факел, показанный в нижней части рис.4. Принципиальной разности в размерах факелов используемых форсунок нет.

## ВЫБОР РЕЖИМОВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Пожары класса А, С, Е (горение твердых и газообразных веществ, а также пожары на электроустановках) можно тушить тонкораспыленной водой. В зависимости от характера очага горения выбирается и режим водяного тушения – с использованием компактной струи, либо режим тонкораспыленной воды. На РЕЖИМЕ 1 задействованы все возможные факторы подавления пожара:

- СКОРОСТНОЙ НАПОР, когда компактная высокоскоростная струя воды за счет кинетической энергии способна сбить или оттеснить пламя;
- ОХЛАЖДАЮЩИЙ ЭФФЕКТ – за счет интенсивного испарения частиц воды резко падает температура в зоне горения;
- ИЗОЛИРУЮЩИЙ ЭФФЕКТ за счет образования большого количества парогазовой фракции непосредственно в зоне горения;
- ОСАЖДАЮЩИЙ ЭФФЕКТ способный подавить и осадить продукты горения (дым, копоть, сажу).

Особо стоит отметить, что при близких расстояниях высоконапорная струя воды способна вскрывать (разрушать) перекрытия и тем самым, подавлять тлеющие пожары внутри, например, стеновых перегородок и при этом обходиться малыми расходами воды.

В случае локального пожара достаточным может оказаться РЕЖИМ 2 пожаротушения (без динамической составляющей струи).

РЕЖИМ 3 используется для тушения пожаров класса В (горение нефтепродуктов и др. легковоспламеняющихся жидкостей). Переключение на режим пенного тушения происходит непосредственно на стволе ТРВК. Особенность конструкции УПТВ позволяет управлять режимами переключения независимо от длины используемого рукава. Неважно, где находится пожарный со стволом – рядом с установкой или на максимальном удалении от нее, т.е. в 100 метрах. При переходе на режим тушения пеной возникает лишь одно обстоятельство. Т.к. бак с пенообразователем и устройство дозирования и подачи пенообразователя (УДПО) размещается, как правило, рядом с водяным насосом, с момента переключения до подачи пены из



ствола должно пройти определенное время, в течение которого смесь воды и пенообразователя будет перекачана по рукаву. Время это зависит от параметров водяного насоса и длины РВД и составляет от 10 до 20 секунд.

УДПО в зависимости от исполнения, управляет режимом подключения и осуществляет подачу пенообразователя с плавным регулированием расхода, либо дискретно. Регулирование может происходить в широком диапазоне значений кратности пены – от концентраций низкой кратности - не более 20 (параметр отношения объема пены к первоначальному объему раствора воды и растворенного в ней пенообразователя) [6] до пены высокой кратности (соотношение более 200).

В качестве пенообразующего вещества могут использоваться пенообразователи общего назначения, а также целевого назначения синтетические углеводородные или фторсодержащие составы, как отечественного, так и импортного производства. Максимальная дистанция подачи пены из ствола ТРВК для УПТВ-50 составляет 8 – 10м., для УПТВ-300 – 15 – 18м.

#### НАЗНАЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УСТАНОВОК И ТАКТИКА ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

УПТВ-50 (см. рис.2) является автономной, легкой, мобильной установкой и предназначена для тушения пожаров всех перечисленных классов и может эффективно использоваться для защиты от пожаров жилых зданий (в том числе и повышенной этажности), коттеджей, вокзалов, спорткомплексов, учебных заведений, общежитий, гостиниц, промышленных объектов и учреждений. Особенно эффективны эти установки при тушении пожаров в замкнутом объеме (квартиры, гостиничные номера, офисы и т.п.), а также на начальной стадии горения.

УПТВ-300 имеет тот же набор агрегатов и устройств, что и УПТВ-50. Этот вариант установки предназначен для встраивания в пожарные автомобили, например, пожарные автоцистерны, в качестве дополнительного средства пожаротушения, либо монтируется в пожарно-спасательные автомобили первой помощи. УПТВ-300 имеют большую производительность (примерно в два раза по отношению к УПТВ-50) и рассчитаны на работу с запасом воды не менее 300 литров. УПТВ-300 выпускаются в стационарном исполнении с распределенной в пределах кузова или отсека машины компоновкой (см. рис. 7).

В составе средств быстрого реагирования, прибывающих на пожар или ДТП, как правило первыми, УПТВ-300 предназначена для тушения пожара, не получившего серьезного развития. Если самостоятельно пожар потушить не удастся, УПТВ-300 используется в качестве средства сдерживания развитие и распространения пожара до прибытия основных средств развертывания. В составе пожарной автоцистерны тонкораспыленная вода может также выполнять вспомогательную функцию (защита пожарного и материальных ценностей от повышенного фона теплового излучения, дымоподавления и т.д.).

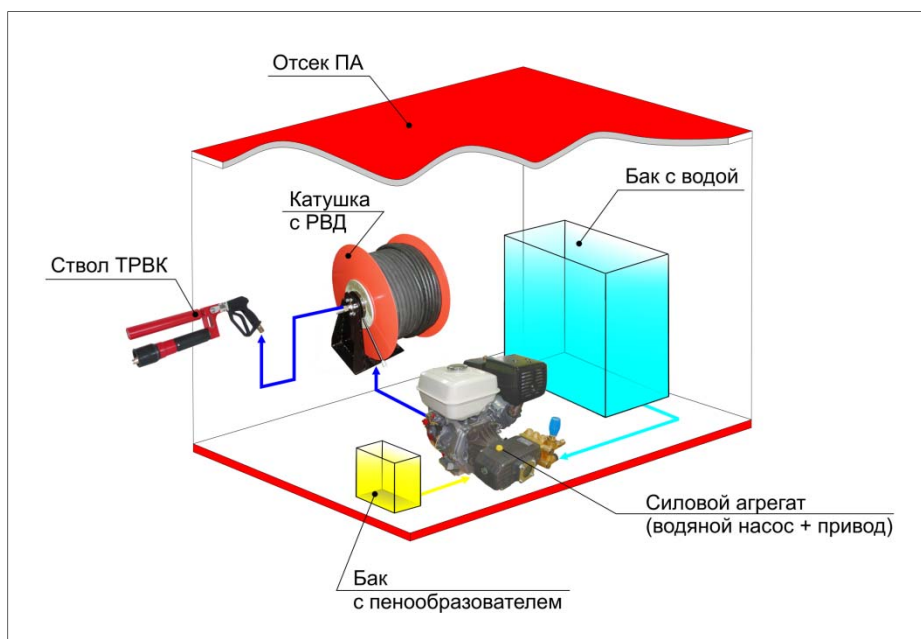


Рис.7

УПТВ-300 и УПТВ-50 разработаны и унифицированы под единую мощность силовой установки, но имеют различные гидродинамические параметры. Характеристики установок сведены в таблицу 2.

Таблица 2

ПАРАМЕТРЫ	УПТВ-50	УПТВ-300
Рабочее давление водяного насоса, МПа	15 - 25	10 - 15
Производительность установки, л/мин	15	30
Объем бака с водой, л, не менее	50	300
Объем бака под пенообразователь, л	2,5	20
Длина пожарного рукава, м	40 - 100	
Тип привода	ДВС, эл/двигатель	ДВС, гидромотор
Масса установки (сухая), кг	100 - 130	120 - 160
Класс пожаротушения	А, В, С, Е	

УПТВ-125 отличается вышеперечисленных установок конструктивно и назначением. Этот вариант установки предназначен для тушения пожаров в жилых многоэтажных зданиях, либо общественных зданиях (гостиницах, общежитиях, учреждениях), строящихся или построенных по принципу коридорной системы, а также торговых комплексов, большой протяженности.

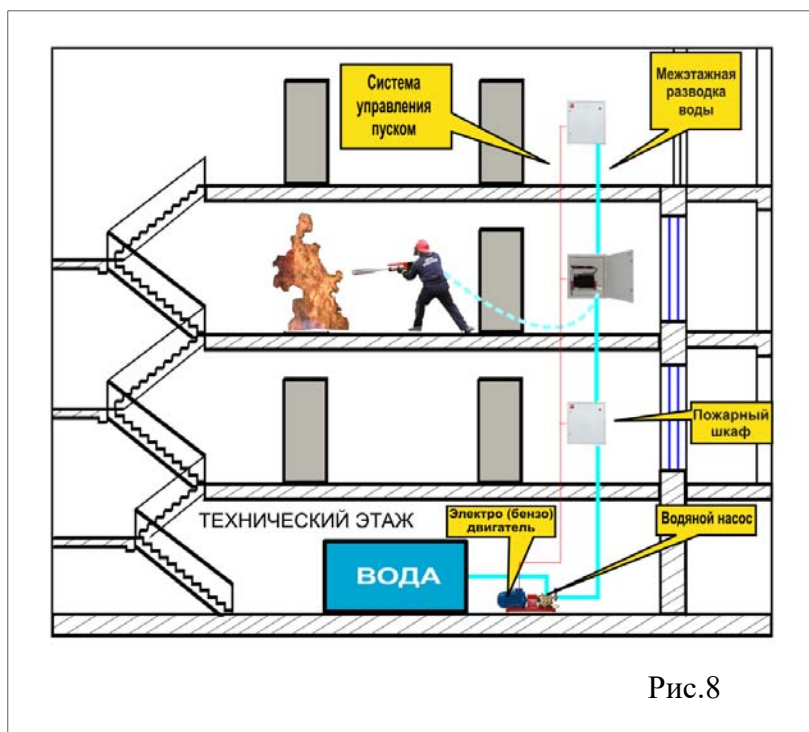


Рис.8

Установка УПТВ-125 выполнена по разнесенной схеме (см. Рис.8). Т.е. силовой агрегат (насос высокого давления и привод), система управления пуском и режимами подачи воды, а также емкость с водой располагаются на техническом этаже (подвальном, чердачном или специальном помещении на одном из этажей дома).

Запитка водяного насоса осуществляется от буферной емкости с водой, расположенной в непосредственной близости на техническом этаже, и которая подключена к внутренней водопроводной сети здания (не к внутренней пожарной системе). Объем буферной емкости можно ограничить 1 м<sup>3</sup>. В случае возникновения загорания в одном из помещений на любом этаже здания, по сигналу срабатывания пожарного извещателя, либо вручную из этажного пожарного шкафа от пусковой кнопки запускается водяной насос высокого давления. На каждом этаже, в специально оборудованных пожарных шкафах смонтирована пожарная катушка с РВД и пожарным стволом ТРВК, которые подключены к стояку межэтажной разводки здания. Вся система пожаротушения тонкораспыленной водой, включая водяной насос, стояк-разводку, пожарную катушку и рукав, заполнены водой и находятся в постоянной готовности. При запуске водяного насоса, давление практически мгновенно поступает в пожарный ствол и система готова к работе. Необходимо отбросить направляющую пожарной катушки и начать разматывать рукав в нужную сторону.

## ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ВЫСОКОНАПОРНЫХ УПТВ

Во-первых, с помощью УПТВ при тушении пожаров можно использовать все физические принципы борьбы с огнем (сбивать пламя скоростным напором, эффективно охлаждать и изолировать зону горения, применять дымоподавление). Известные ранцевые (импульсные и струйные) установки, а также спринклерные системы не в полной мере используют возможный спектр средств пожаротушения.

Во-вторых, при применении на пожаре УПТВ, используются тонкие и легкие рукавные линии. Внутренний диаметр рукава высокого давления (РВД) равен 10 мм. Погонная масса такого РВД, заполненного водой, не превышает 0,35 кг/м. В случае автономных (УПТВ-50) или передвижных УПТВ (УПТВ-300 на базе пожарно-спасательного автомобиля) длина цельного РВД может составлять 100м. В случае стационарного применения установок (УПТВ-125), размещаемых на этажах высотных зданий, длина РВД может быть существенно выше.

В-третьих, при создании семейства УПТВ был создан расчетный алгоритм и разработан узел регулирования, позволяющий задавать и настраивать режимы пожаротушения в зависимости от давления и подачи водяного насоса, а также длины рукавной линии.

В-четвертых, при работе с высокими давлениями (до 20 МПа) необходимы специальные пожарные стволы и специальные сопла-форсунки. Такой принципиально новый, легкий и компактный ствол ТРВК удалось спроектировать. Управление режимами переключения осуществляется непосредственно на пожарном стволе ТРВК, т.е. на расстоянии до 100м от самой установки, включая и режим пенного тушения. Отработаны и специальные сопла-форсунки различного типа, а также специальный пенный ствол.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. <http://www.oertzen-firetec.de/eng/index.htm>
2. <http://www.fogtec-international.com/>
3. «Fire protection solutions». – <http://www.hi-fog.com/>
4. С. Г. Цариченко. «Тонкораспыленная вода – мифы и реальность». Материалы XIX научно-практической конференции: «Пожарная безопасность многофункциональных и высотных зданий и сооружений». Часть 2. М.2005.
5. <http://www.marioff.com/en/fireprotection/features.htm>
6. ГОСТ Р 50588-93 Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний.