

Инновационные технологии систем пожаротушения температурно-активированной водой: физическая сущность; история разработки; перспективы развития

Термин «температурно-активированная вода» (ТАВ) был впервые использован в статье И.М. Тетерина в 2005 году. Необходимость в новом термине возникла из-за путаницы, которая каждый раз возникала при обсуждении новой технологии пожаротушения, разработанной сотрудниками ООО «Аква-ПиРо-Альянс». К 2005 году у большинства специалистов сложилось твердое убеждение в том, что ТАВ получают из перегретой воды. Однако при получении ТАВ вода последовательно проходит следующие состояния: вода с температурой не более 60°C и атмосферным давлением - вода с температурой не более 60°C и давлением от 40 до 100 атм. - : вода с температурой 180-300°C и давлением от 40 до 100 атм. - вода с температурой 180-300°C и давлением меньшим равновесного - вода с температурой не более 60°C и атмосферным давлением.

Физическая сущность получения ТАВ сводится к подаче воды под большим давлением (40-100 атм.) в специально разработанный теплообменник. В теплообменнике вода сначала нагревается до температуры 180-300°C (такую воду принято называть *недогретой*), затем по гибким или металлическим трубопроводам подается к специальным стволам-распылителям где и становится *метастабильной перегретой водой* только на $10^{-4} - 10^{-9}$ секунды. После *взрывного вскипания* образуются струи ТАВ с размером капель 0,01-10,0 мкм, которые по своим свойствам близки к теплым туманам и облакам.

Физическую сущность получения струй ТАВ можно уяснить при анализе P-T и P-V (Рис. 1 и Рис.2) диаграмм фазовых состояний воды. Для различных модификаций воды характерно существование метастабильных состояний, то есть таких состояний, при которых одна фаза существует в области температур и давлений другой фазы. Такие же метастабильные состояния существуют и для фазовых переходов из одного агрегатного состояния в другое.

На рис. 1 схематически изображены области метастабильных состояний при фазовом переходе жидкость-газ (вода-пар). Выше линии 2 находится область, соответствующая переохлажденному пару, а ниже - перегретой жидкости.

При конденсации пара (рис. 2) область метастабильного состояния на диаграмме давление P-V расположена между бинодалью, т. е. кривой, соединяющей точки, отвечающие равновесным состояниям при разных температурах T для жидкости и пара (соответственно точки A и B), и спинодалью - кривой, соединяющей точки, в которых $dP/dV=0$ (точки B и Г).

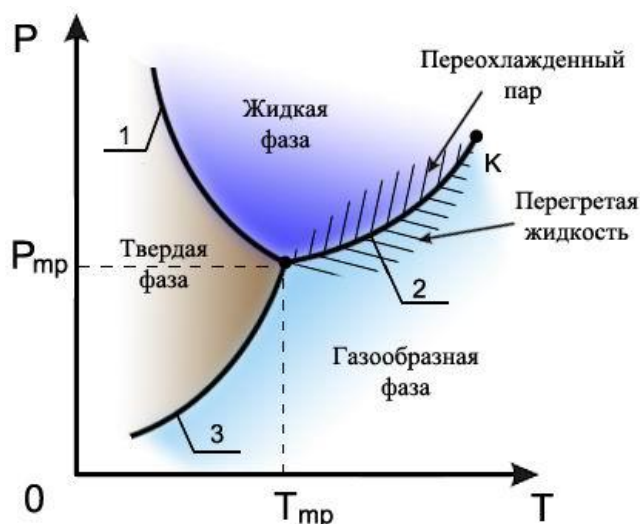


Рис. 1. Диаграмма метастабильных состояний при фазовом переходе жидкость-газ: 1 - кривая плавления; 2 - кривая испарения; 3 - кривая возгонки; К – критическая точка ($T_k=647,35$ °К, $P_k=218,5$ атм.)

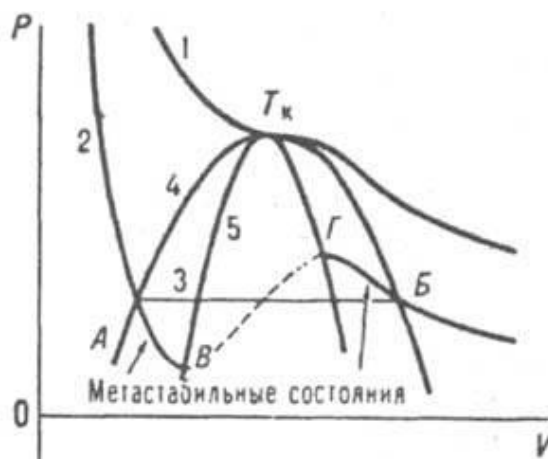


Рис. 2. Зависимости P-V при T_k (1) и меньше T_k (2): ВГ - лабильные состояния (состоянии неустойчивости не только к сильным, но и к слабым возмущениям); прямая 3 соединяет равновесные состояния жидкости и пара; 4 - бинадаль; 5 - спинодаль; T_k - критическая точка.

Поэтому новый термин “ТАВ” предлагается использовать для воды, полученной в установке за счет “мгновенного перехода” в область метастабильного состояния и последующего взрывного вскипания. После такого процесса вода приобретает уникальные свойства не только за счет получения капель микронного размера, но и за счет изменения структуры воды. Вода приобретает свойства аналогичные тем, которые в природе вода приобретает в поровых породах при высоких температурах и давлениях. Следовательно, сущность разработанного специалистами ООО “Аква-ПиРо-Альянс” способа получения уникальных свойств ТАВ, заключается в том, что пресная вода вследствие её нагревания в специальном теплообменнике при определенном сочетании температуры (более 165°С) и давления (более 1,6 МПа) изменяет свои свойства. После возвращения к обычным,

атмосферным условиям такая вода находится некоторое время в особом, так называемом *метастабильном состоянии*, проявляющемся в повышенной растворяющей способности карбонатов, сульфатов, силикатов и других соединений, в способности длительно удерживать в своем составе аномальные количества растворенного вещества (больше в 300...500 раз) и значительно повышать кислотность. Такая вода в работе академика Летникова Ф.А. названа *активированной*, а сам процесс — *температурной активацией*.

При подаче ТАВ через стволы-распылители, в которых давление воды быстро (за несколько миллисекунд) уменьшается до атмосферного происходит почти мгновенное вскипание воды. Такое вскипание в работах академика Скрипова В.П. названо *взрывным вскипанием*. В результате взрывного вскипания одна часть воды переходит в переохлажденный пар (до 30%), а другая часть дробится на капли диаметром 0,01-10,0 мкм и в результате формируется струя паро-воздушно-капельной смеси – струя ТАВ. Так как диаметр большинства капель составляет 0,01-10,0 мкм, то струи ТАВ витают в воздухе и многими наблюдателями ошибочно воспринимаются как пар. Струи ТАВ долго не осаждаются (по экспериментальным данным не менее 20 минут), огибают без осаждения препятствия, не оседают на вертикальных и горизонтальных плоскостях, даже при подаче на горизонтальные поверхности стремятся вверх.

Эксперименты, проведенные в 2007 году специалистами ООО «Аква-ПиРо-Альянс» в ГУ «НПО «Тайфун» подтвердили устойчивость струй ТАВ и возможность заполнения больших объемов водяным туманом. На рис. 3-5 приведены результаты этих экспериментов. При подаче 1,8 кг/с ТАВ в объем 3200 м³ 100% влажности удалось достичь через три минуты.

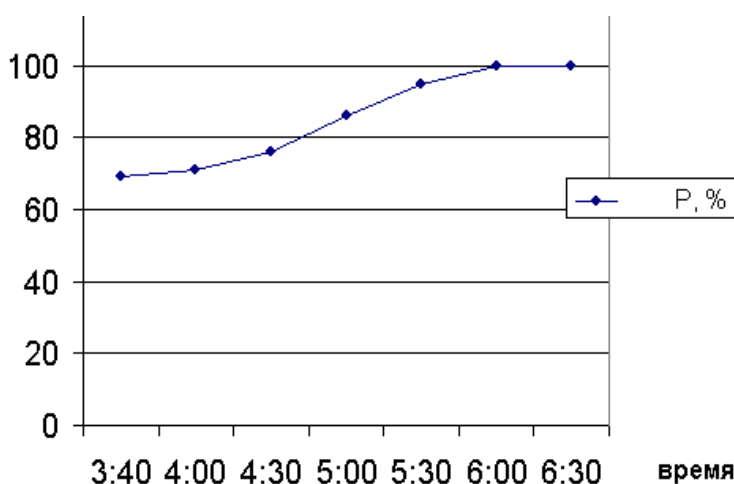
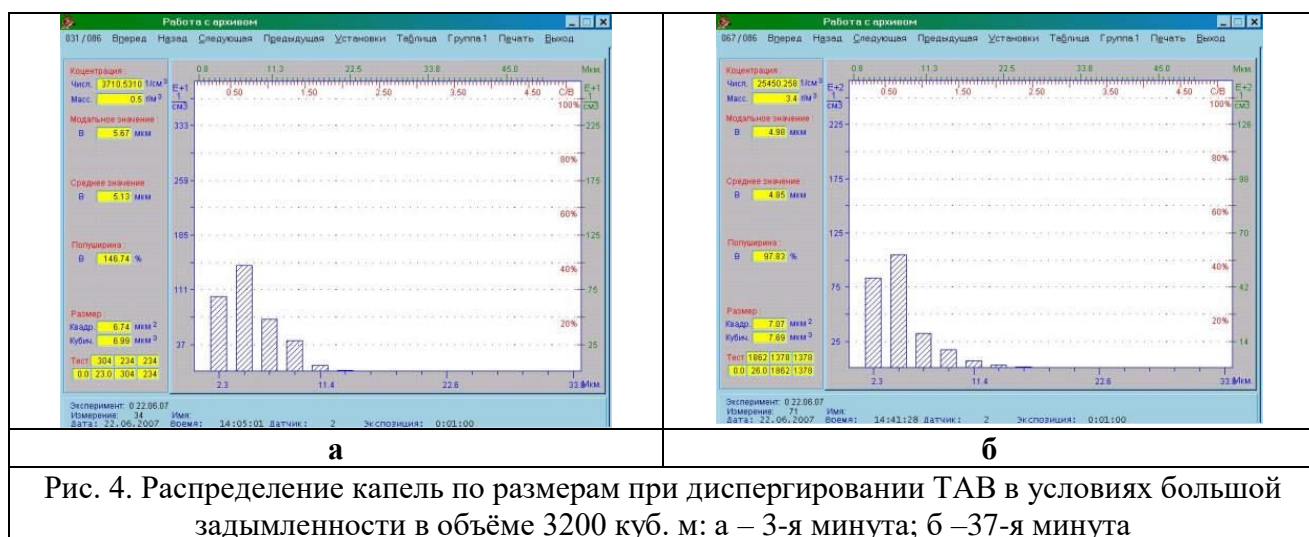
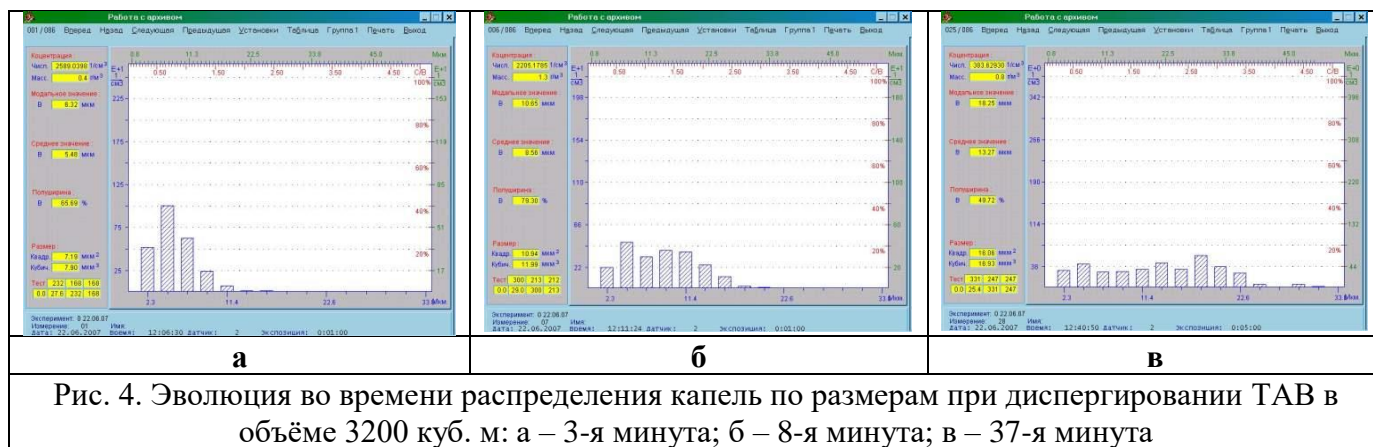


Рис. 3. Временной ход относительной влажности в большой аэрозольной камере ГУ «НПО «Тайфун»: помещение объемом 3200 куб. м насыщается влагой за 3 мин



Эксперименты подтвердили, что струи ТАВ обладают уникальными свойствами, которые позволяют реализовать при тушении пожаров принципиально новые способы пожаротушения. Эти способы пожаротушения не могут быть одновременно реализованы ни одним из известных способов.

История разработки технологии ТАВ начинается с 1893 года. Впервые использование перегретой (по терминологии тех лет – «кипящей воды») для тушения пожаров горячей нефти предложил в 1893 году Иван Аввакумович Вермишев, который был сыном нефтепромышленника, владевшего нефтяными скважинами в Баку. В 1900 году И. А. Вермишев вместе с Д. И. Менделеевым провел успешные опыты по тушению нефти «кипящей водой», после чего был принят в Химический отдел Российского технического общества. Однако отсутствие техники для быстрого получения перегретой воды в объемах, необходимых для тушения пожаров нефти, а также отсутствие средств подачи перегретой воды к очагу пожара не позволило использовать результаты этих опытов для практики пожаротушения.

Новый всплеск интереса к перегретой воде как эффективному средству пожаротушения возникает в 1970 - 1990 годах. Катализатором этого интереса стали разработки, выполненные в гарнизоне пожарной охраны г. Грозного. За

опытами и техническими разработками, осуществленными в гарнизоне пожарной охраны г. Грозного, последовали интенсивные исследования эффективности использования ТАВ для целей пожаротушения во ВНИИПО. В результате этих исследований была доказана высокая эффективность систем пожаротушения перегретой водой и разработаны рекомендации по их использованию.

Было доказано, что системы тушения пожаров перегретой водой сочетают в себе преимущества систем пожаротушения тонкораспыленной водой и систем тушения пожаров паром. Эффективность тушения пожаров перегретой водой связана с тем, что при выходе из сопел стационарных установок пожаротушения или из специальных стволов передвижной пожарной техники перегретая вода образует струю пароводяной смеси (применяют также термины – «вода аэрозольного распыла» и «водяной туман»). Один литр ($0,001 \text{ м}^3$) перегретой воды образует водяной туман объемом от 1,3 до $1,5 \text{ м}^3$ с размером капель воды менее 10 мкм (суммарный объем капель составляет от 0,5 до 0,7 литра). В отличие от систем пожаротушения тонкораспыленной водой, в системе тушения пожаров перегретой водой распылители (насадки, стволы) представляют собой или шайбы с острой кромкой, или насадки с коротким соплом или соплом Ловаля. Такие распылители (насадки, стволы) дешевы в изготовлении и не требуют тщательной очистки воды.

Однако во ВНИИПО были исследованы только системы с объемным способом получения перегретой воды (подогревом воды в герметичной емкости Рис. 3) и подачей перегретой воды по трубопроводам под давлением насыщенных паров. Исследования проведены для перегретой воды с температурой не более 170°C и под давлением не более 0,7 МПа. В таких системах возможно частичное вскипание перегретой воды уже в трубопроводе или рукаве до распылителя (насадка), что ухудшает огнетушащие свойства струи водяного тумана и ограничивает дальность подачи перегретой воды от емкости до распылителя.

Такое техническое решение по получению перегретой воды и способу ее подачи к распылителю (насадку) значительно снизило область применения систем пожаротушения перегретой водой, так как их использование было сопряжено с постоянной опасностью содержания сосудов с перегретой водой под давлением и необходимостью постоянного подогрева воды. Цикличность этих систем, большое время подготовки нового объема перегретой воды и поднадзорность систем Госгортехнадзору предопределили ограниченное применение этих установок и они были постепенно выведены из боевых расчетов, и их производство не возобновлено.

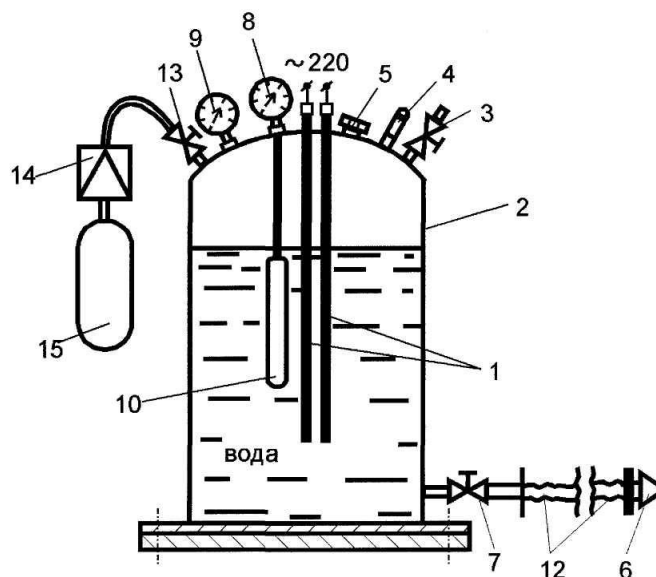


Рис. 3. Установка для получения перегретой воды объемным способом: 1 – термохимический электронагреватель; 2 – изотермическая ёмкость; 3 – вентиль для сброса давления; 4 – предохранительный клапан; 5 – горловина для заправки ёмкости; 6 – насадок; 7 – вентиль; 8 – термоманометр; 9 – электроконтактный манометр; 10 – датчик температуры; 12 – рукав; 13 – воздушный вентиль; 14 – редуктор; 15 – баллон со сжатым воздухом

В 1992 году учеными МИПБ МВД России руководству пожарной охраны и научных подразделений ВНИИПО была продемонстрирована установка для получения ТАВ АБУ-1 и тем самым была доказана принципиальная возможность создания ПА с установкой для получения ТАВ непрерывным способом. В начале 90-х годов эффективность пожаротушения перегретой водой (по терминологии тех лет – «водой аэрозольного распыла») уже была доказана, но сам факт возможности получения ТАВ с производительностью от 1 до 2 л/с ставился под сомнение. Перегретую воду в те годы для экспериментов и пожаротушения получали нагревом воды в емкостях. Именно такая вода явилась объектом диссертационного исследования Остаха С.В.

На основании опыта эксплуатации АБУ-1 был разработан и в 1997 году изготовлен на Тамбовском заводе «Комсомолец» и ОАО «Пожтехника» экспериментальный автомобиль «ПиРо» (Рис. 4).

Сотрудниками ВНИИПО также была предпринята попытка использовать удачный опыт создания АБУ-1, ими разрабатывается ПА с установкой для непрерывного получения перегретой воды в теплообменнике на базе АЦ-40-375(Н). По своему внешнему виду, принципу действия, конструкции и габаритным размерам установка, смонтированная на АЦ-40-375(Н), аналогична АБУ-1 (Рис. 5). Для разработки этого автомобиля (Рис. 5) были привлечены ученые МГТУ им. Н.Э. Баумана. Однако официальная информация о результатах этой разработки отсутствует. Почему эти работы не продолжены, не известно.



Рис. 4. Общий вид экспериментального автомобиля «ПиРо»



Рис. 5. Пожарный автомобиль с теплоэнергетической установкой на шасси Урал-375. Год разработки и выпуска – 1995-1996. Разработчик - Тюменская СНИЛ ВНИИПО. Заявлено: 6 л/с перегретой воды при давлении 10 атм. с температурой 150°C - 160°C.

Опыт эксплуатации (в течение 1997 - 2002 годов) экспериментального автомобиля «ПиРо» позволил разработать транспортабельные автономные установки получения ТАВ (УПТАВ) типа АПМ 3-2/40-50 (43118) мод. ПиРо3 – МПЗ, АПМ 3-2/40-0,69/100-50 (43118) мод. ПиРо3 – МПЗ, АПМ 3-2/125-1,38/100-100 (43118) мод. ПиРо3.

Эксперименты, показали, что использование теплообменника позволяет непрерывно получать ТАВ и в зависимости от сочетания температуры и давления воды, а также типа насадка выбирать оптимальные режимы для тушения различных пожаров. Кроме того, использование теплообменника позволяет в процессе тушения пожара, за счет изменения подачи сжигаемого топлива и давления за теплообменником изменять параметры ТАВ (температуру и давление), а, следовательно, и необходимые для эффективного пожаротушения параметры струи «водяного тумана».

Малое время выхода установки на режим (не более 3-х минут) позволило исключить предварительный подогрев воды для обеспечения постоянной готовности установки к пожаротушению.

Перспективы развития технологии ТАВ связаны с постановкой АПМ на вооружение подразделений МЧС и разработкой новой тактики пожаротушения. К настоящему времени специалисты ООО «Аква-ПиРо-Альянс» имеют опыт изготовления и эксплуатации автомобилей пожарных многоцелевых АПМ 3-1,5/16-50 (43118) мод. ПиРо2-МПЗ, АПМ 3-2,0/25-50 (43118) мод. ПиРо2-МПЗ и АПМ 3-2/40-0,5/125-50(43118) мод. ПиРо3 - МПЗ (далее - АПМ), в состав которых включены установки получения температурно-активированной воды (УПТАВ).

В 2007-2008 годах по заказу Управления организации пожаротушения и специальной пожарной охраны МЧС России ООО «Аква-ПиРо-Альянс» разработан и изготовлен АПМ 3-2/40-1,38/100-100(43118) мод. ПиРо3(ПиРо4)–МПЗ, который по решению государственной комиссии принят к серийному производству для последующего оснащения пожарных подразделений МЧС России.

В обозначении буквы и цифры:

- **АПМ** –автомобиль пожарный многоцелевой;
- **3** – вместимость емкостей для воды, м³;
- **2, 1,5, 1,38 и 0,5** – производительность УПТАВ, л/с;
- **16, 25, 40, 100 и 125** – давление ТАВ в напорном патрубке УПТАВ, кг/см²;
- **50 и 100** – номинальная мощность электрогенератора, кВт;
- **43118** – индекс базового шасси КАМАЗа;
- **мод.ПиРо2, мод.ПиРо3** и ПиРо4 – модель АПМ по классификации ООО «Аква-ПиРо-Альянс»;
- **МПЗ** – Мытищинский приборостроительный завод.

Автомобиль пожарный многоцелевой (**АПМ**) с мощной электросиловой установкой (мощность не менее 50-100 кВт) и установкой для получения температурно-активированной воды (**ТАВ**) позволяет пожарным подразделениям МЧС России реализовать принципиально новые способы пожаротушения:

- обеспечить как поверхностное, так и объемное пожаротушение при подаче воды от передвижной пожарно-спасательной техники;
- обеспечить тушение широкого перечня горючих материалов только за счет использования ТАВ, т.е. без использования 4-5 видов огнетушащих веществ;
- уменьшить ущерб от излишне пролитой воды при пожаротушении жилых и административных зданий;
- обеспечить эффективное осаждение дыма и быстрое уменьшение температуры на месте пожара;
- решить проблему тушения пожаров в высотных зданиях передвижной

пожарной техникой, обеспечить подачу **ТАВ** от **АПМ** по гибкому трубопроводу или сухотрубку на высоту не менее 200 м, а также одновременно обеспечить подключение электрооборудования горящего здания по временной схеме;

- решить проблему тушения пожаров в тоннелях передвижной пожарной техникой без ее заезда внутрь тоннеля, обеспечить подачу **ТАВ** от **АПМ** по гибкому трубопроводу или сухотрубку на расстояние до 1000 м;
- обеспечить пожаротушение в завалах и пустотах со снижением риска для жизни людей находящихся в них;
- обеспечить работоспособность пожарной техники при низких температурах.

Использование ТАВ позволяет решать следующие задачи

Первая задача - эффективное удаление или осаждение продуктов горения:

- Для осаждения дыма возможна как непосредственная подача струй **ТАВ** через стволы-распылители, так и подача **ТАВ** для осаждения дыма через напорные патрубки дымососов или системы дымоудаления и вентиляции;
- Подача **ТАВ** через напорные патрубки дымососов или системы дымоудаления и вентиляции позволяет одновременно обеспечить необходимый для дымоудаления подпор воздуха и осаждение дыма в больших объемах сложной конфигурации;
- Струя **ТАВ** способна огибать препятствия, не осаждаться на вертикальных и горизонтальных поверхностях и достаточно долго витать даже на открытых пространствах (по результатам экспериментов не менее 20 минут);
- Струи **ТАВ** стремятся подняться вверх даже при подаче на горизонтальные поверхности (асфальт, бетон, дерево, снег, лед);
- Использование **ТАВ** позволяет “повесить” внутри замкнутого объема любой конфигурации или на открытом пространстве облако **ТАВ**, которое по своим свойствам близко к теплым облакам и туманам;
- Облако **ТАВ** достаточно долговечно (не менее 20 минут) для того, чтобы проникнуть во все полости объема любой конфигурации и эффективно осадить и вытеснить продукты горения или любые другие газы;
- Струи **ТАВ** абсолютно безопасны для людей.

Вторая задача - быстрое уменьшение температуры, как на путях эвакуации, так и в непосредственной близости от очага пожара:

- Эффективное (быстрое) уменьшение температуры при подаче **ТАВ** обеспечивается тем, что размер большинства капель “водяного тумана” составляет всего 0,01 – 10,0 мкм, поэтому капли витают и не осаждаются, огибают препятствия;
- Скорость движения капель **ТАВ** мала по сравнению с компактными струями и каплями тонкораспыленной воды. Поэтому капли **ТАВ** остаются в

охлаждаемом объеме и практически вся вода участвует в процессе охлаждения, так как успевает испариться;

- Облако **ТАВ** поднимается вверх в зону максимальных температур и максимальной концентрации дыма, занимает весь объем даже в том случае, если у ствольщика нет возможности направить ствол-распылитель (СР) вверх;

- Есть возможность подать **ТАВ** в замкнутый объем, даже в том случае, если входное отверстие в этот объем составляет чуть более 50 мм. Для этого используется ствол-пика с внешним диаметром 50 мм и длиной от 0,5 м до 2 м. Ствол-пика позволяет обеспечить подачу до 1 л/с воды, которая обеспечит объем облака **ТАВ** до 5 куб.м/с.

Третья задача – тушение очага пожара:

- Струи **ТАВ** могут быть использованы для тушения практически всех видов горючих веществ, которые не вступают в химическую реакцию с водой с выделением большого количества тепла или горючих газов.

- При подаче **ТАВ** возможен как поверхностный, так и объемный способы пожаротушения.

- Капли воды размером 0,01 – 10,0 мкм и пар долго не осаждаются (витают) и вместе с конвективными потоками воздуха инжектируются в очаг пожара;

- Капли **ТАВ** имеют уникальную смачивающую способность благодаря малому размеру капель и уникальным физико-химическим свойствам **ТАВ**.

- Кроме того, струи **ТАВ** эффективно удаляют пожароопасные отложения с поверхностей из различных материалов (металл, стекло, природный камень, бетон, пластик) без применения большого давления и технических моющих средств, а также предварительной очистки воды.

Принципиально важным является также тот факт, что трубопроводы **УПТАВ** в соответствии с ПБ 10-573-03 не подлежат надзору Ростехнадзора, так как при используемых температурах и давлениях подаваемой **ТАВ** имеют диаметры менее 51-76 мм. По ПБ 10-573-03 п.1.1.2. Д) Правила не распространяются на (см. рис. 6):

- трубопроводы I категории с наружным диаметром менее 51 мм;
- трубопроводы II, III и IV категории с наружным диаметром менее 76 мм.

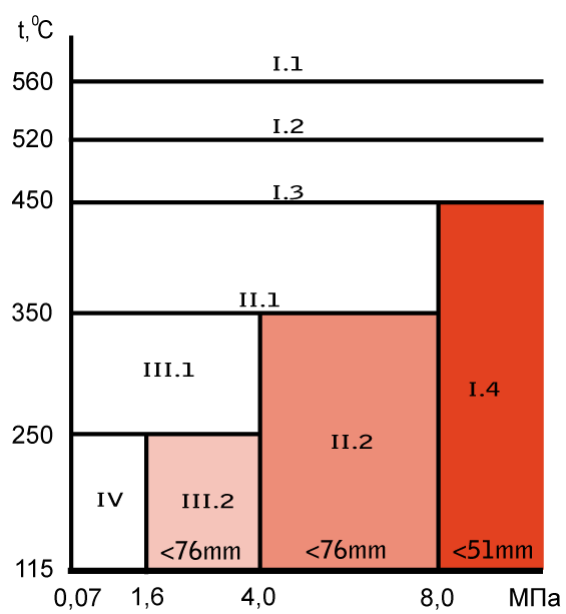


Рис. 6. Категории трубопроводов УПТАВ