



Адъюнкт
Академии ГПС МЧС России
С. П. Храмцов

УДК 614.841

ВОДА ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Согласно принятому решению страны Евросоюза к 2010 г. должны будут перейти на экологически безопасные огнетушащие вещества. Найти более экологически чистое, доступное, восполняемое и дешевое огнетушащее вещество, чем вода, практически невозможно.

Горение — это главный и основной процесс на пожаре. Тушение же пожара (с физической точки зрения) всегда сводится к прекращению процесса горения во всех его видах и формах.

Лучшим, наиболее эффективным способом обеспечения пожаровзрывобезопасности является создание таких условий, при которых процесс непроизвольного горения вообще не может возникнуть. Об этом думали люди еще в глубокой древности. Однако если пожар все-таки возникал, приходилось его тушить, что стимулировало внедрение первых мер противопожарной защиты.

Древний человек достаточно рано понял роль различных средств, преграждающих путь к огню, и первой он применил воду, постепенно приходя к пониманию необходимости создания и хранения ее запасов для борьбы с огнем [1].

Вода — наиболее распространенное средство тушения пожаров. Источниками водоснабжения могут быть поверхностные (моря, озера, реки, пруды и т.д.) и подземные (грунтовые, родниковые, артезианские и т.д.) воды [2].

Физические свойства воды имеют важное значение при тушении пожаров. Плотность ρ и кинематическая вязкость ν воды играют большую роль при ее подаче к месту назначения. При давлении 15 атм с увеличением температуры от 5 до 195°C плотность воды уменьшается в 1,15 раза (рис. 1), а коэффициент кинематической вязкости снижается почти на порядок, т.е. в 9,55 раза (рис. 2). Эти свойства являются аргументом в пользу использования для целей пожаротушения воды с более высокой температурой, так как это позволяет существенно уменьшить гидравлические потери подачи ее к месту пожара по рукавам.

Основным огнетушащим свойством воды является охлаждение. Горючее вещество охлаждается ниже температуры воспламенения, причем тепло, отнятое из очага пожара, поглощается водой и отводится с водяным паром.

Влияние указанных факторов в значительной мере зависит от режима горения, вида горючего материала и способа подачи воды.

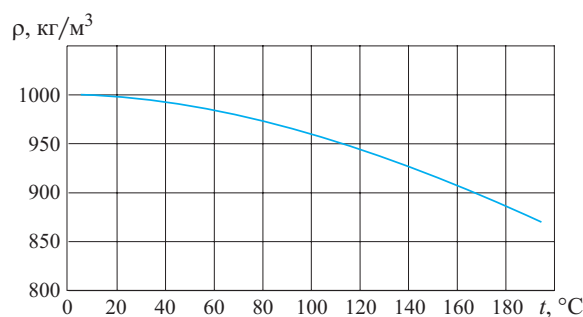


Рис. 1. Зависимость плотности воды ρ от температуры t

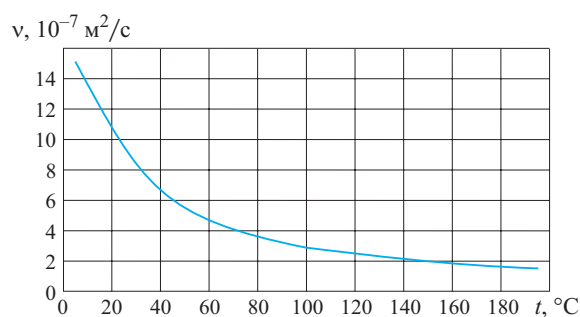


Рис. 2. Зависимость кинематической вязкости воды ν от температуры t

Причиной хорошего теплопоглощения воды являются высокие значения удельной теплоемкости и теплоты парообразования [2]. Например, удельная теплоемкость некоторых веществ при 20°C составляет, Дж/(кг·К): воды — 4200, воздуха — 1010, алюминия — 880, меди — 385, свинца — 130 [2, 3].

Такая теплоемкость и, следовательно, упомянутые энергоемкие процессы существуют во всем диапазоне температур, при которых вода находится в жидком состоянии. Она исчезает только в паре, т.е. эта аномалия является свойством именно жидкого состояния воды. Естественно, что при тушении пожара необходимо учитывать данную аномалию воды и стремиться максимально использовать большую ее теплоемкость. Именно поэтому принципиально важным становится не только вопрос о размере капель воды, которые подаются на тушение пожара, но и температура этих капель. Попадая в пламя, капля воды должна успеть нагреться до температуры 100°C и испариться до осаждения.

Сказанное связано с тем, что удельная теплоемкость воды аномальна не только по своему значению. Характер температурного изменения удельной теплоемкости своеобразен: она снижается по мере увеличения температуры в интервале от 0 до 36,79°C, а при дальнейшем увеличении температуры — возрастает (рис. 3). Минимальное значение удельной теплоемкости воды обнаружено при температуре 36,79°C [4]. Следовательно энергетически выгодно тушить пожары водой с температурой капель более 36,79°C.

При тушении пожаров водой в закрытых помещениях при испарении ее объем увеличивается в 1700 раз, благодаря чему кислород воздуха вытесняется из зоны очага пожара водяным паром. Для того чтобы перевести воду из жидкого состояния в парообразное или из твердого в жидкое, необходимо затратить большое количество энергии, требуемое, как это следует из гипотез [3, 5], для разрушения ее межмолекулярной структуры. Эту энергию и называют скрытой теплотой испарения или таяния. Чтобы превратить лед в воду, необходимо затратить 332,43 Дж на 1 г, а для превращения такого же количества воды в пар требуется 2257,5 Дж. При тушении тлеющих пожаров эффект “удушения” не является определяющим [2], поскольку при тлении, например, древесины, текстиля и т.д., в молекуле горючего вещества содержится необходимый для горения кислород.

При пламенном горении из-за непродолжительности контакта воды с горящим веществом водяного пара образуется недостаточно, поэтому он не влияет на процесс горения.

Способность растворять разнообразные вещества — еще одно важное свойство воды. В воде рас-

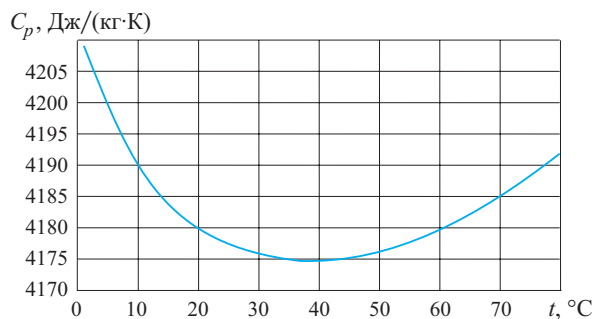


Рис. 3. Зависимость удельной теплоемкости воды C_p от температуры t

творяются некоторые горючие вещества, которые теряют свою способность гореть [2, 3]. Ее растворяющему действию в той или иной мере подвластны и твердые тела, и жидкости, и газы. Постоянно соприкасаясь со всевозможными веществами, вода фактически всегда представляет собой раствор различного, зачастую очень сложного состава. Даже из свежес выпавшей дождевой воды можно выделить различные минеральные и органические вещества, растворенные в ней (до нескольких десятков миллиграммов на литр).

Обычная вода на самом деле является загадочной жидкостью, поскольку многие ее свойства (плотность, сжимаемость, теплоемкость) являются аномальными — не похожими на свойства большинства других жидкостей [3, 5–7]. Причина этого заключается в особой структуре воды, обусловленной водородными связями между ее молекулами, которая изменяется в зависимости от температуры или давления.

Нельзя абсолютно точно оценить тушащее действие воды, так как условия протекания пожара и методы его тушения различны. Одним из способов повышения эффективности пожаротушения водой является использование тонкораспыленной воды.

Распыленность струй подразделяют на тонкую дисперсность — размер капель 10–100 мкм; среднюю — 100–1000 мкм, грубую — 1000–6000 мкм [2]. Средние распыленные струи подразделяют на тонкосредние и грубосредние.

Имеется ряд теоретических и практических исследований по определению наиболее эффективных размеров капель [2]. Радущ теоретически вычислил размер капель для тушения горючих жидкостей с температурой кипения более 80°C, исходя из теплоты и теплоты образования водяной капли. Полученный таким образом оптимальный диаметр капли составил 0,35 мм. Это значение было подтверждено практически при тушении горячей жидкости распыленной струей.

Фольке провел опыты по тушению сплошной струей штабеля древесины, размещенного на весах.

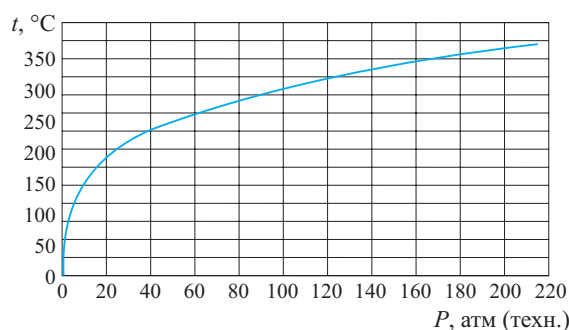


Рис. 4. Линия насыщения воды

Потери массы штабеля определялись как функция времени горения и тушения при различном количестве используемой воды. На основании опытов сделан вывод, что скорости распространения пламени и горения горючего материала постоянны. При скорости горения 1 г/с (~1 ккал/с) пожар был потушен потоком воды с таким расходом, что теплота испарения составляла лишь 0,085 ккал/с. Оказалось, что отведенное количество тепла было меньше, чем количество тепла, выделяемого при горении [2].

В последнее время все более широкое применение находит вода аэрозольного распыления со средним диаметром капель порядка 50 мкм. Вода в таком состоянии занимает как бы промежуточное положение между жидкостью и газом и сочетает в себе преимущества как жидкостных, так и газовых средств тушения. Аэрозольное состояние воды достигается путем выброса либо перегретой воды, либо газонасыщенной (раствор CO_2 в воде) под давлением через специальные распылители [8].

В Германии тонкораспыленную воду (водяной туман) с диаметром капель более 10 мкм для тушения пожара получают с помощью пожарных стволов при повышенном давлении насосов. Применение водяного тумана в Германии различными пожарными службами много лет приводит к положительным результатам.

В последние десятилетия опыт пожаротушения водяным туманом обрели многие страны Европы. Водяной туман формируется при давлении насоса около 40 атм. Для этого необходимы пожарный насос со ступенью высокого давления, производящий 40 атм, и специальные пожарные стволы-пистолеты, являющиеся с недавних пор достоянием техники [9].

Установки пожаротушения, в которых используется водяной туман, широко используются за рубежом и в России. Вода в таких установках подается с интенсивностью орошения не менее 0,04–0,06 л/(с·м²) [10]. Однако для получения водяного тумана в зарубежных и отечественных установках используются либо большое давление (до 300 атм)

и химически подготовленная вода, очищенная от механических примесей и растворимых в воде солей, либо специально сконструированные распылители. Кроме того, распылители установок высокого давления имеют очень малые площади сечений проточных каналов и потому склонны к засорению или замерзанию в зимнее время.

Благодаря многолетним исследованиям, проведенным учеными Академии ГПС, доказано, что возможно и другое, принципиально новое техническое решение — улучшение огнетушащих свойств воды за счет ее температурной активации. При его реализации удастся одновременно добиться как улучшения текучести воды без использования добавок, так и уменьшения размера ее капель без увеличения давления насосов и использования пожарных стволов со сложными, дорогостоящими и профилированными насадками с минимальной площадью сечений проточных каналов [11].

Сибирские ученые Ф. А. Летников и Т. В. Кашеева нагревали обессоленную воду до 200, 300, 400, 500°C при давлениях 1, 88, 390 и 800 атм соответственно. После возвращения к обычным условиям такая вода находилась 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 и значительно повышать кислотность. Такая вода названа активированной, а сам процесс — температурной активацией [12].

На сегодняшний день температурно-активированную воду в пожарных подразделениях вырабатывают с помощью установки получения горячей, перегретой и температурно-активированной воды (УПВ). Вода под давлением до 125 атм подается насосом в теплообменник, в котором перегревается до 300°C под большим давлением, после теплообменника поступает в рукавную линию к стволу, на выходе из него мгновенно вскипает и превращается в туман, состоящий из пара и мелкодисперсных капель порядка 50 мкм. От УПВ до выхода из ствола вода находится в метастабильном состоянии — ниже линии насыщения (рис. 4).

После выхода из ствола вода также находится в метастабильном состоянии (выше линии насыщения). В таком состоянии она не только эффективно тушит пожар, но и резко снижает температуру пламени и осаждает дым. Струи температурно-активированной воды (рис. 5) 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. Наиболее эффективно

струи температурно-активированной воды тушат пожары в замкнутых объемах, так как образуют большой объем пара и водяного тумана, которые эффективно осаждают дым и пары ядовитых веществ, а также вытесняют воздух и, тем самым, уменьшают процентное содержание кислорода в зоне горения [11].

Одна из основных проблем, которая стоит сейчас перед наукой, — это повышение эффективности применения воды при тушении пожаров. Большинство современных технических средств используют непосредственно на тушение очага возгорания только 5–10% поданной на тушение пожара воды, фактически 90–95% поданной воды можно считать излишне пролитой. Часто ущерб от излишне пролитой воды больше, чем от самого пожара [11].

Все перечисленные аргументы позволяют утверждать, что температурно-активированная



Рис. 5. Струя температурно-активированной воды

вода может быть успешно использована при тушении пожаров подразделениями ГПС МЧС России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буцынская Т. А., Быстров С. Ю., Косухин Д. А. и др. История пожарной охраны: Курс лекций. — М.: Академия ГПС МВД России, 2001. — 151 с.
2. Шрайбер Г., Порст П. Огнетушащие средства. Химико-физические процессы при горении и тушении / Пер. с нем. — М.: Стройиздат, 1975. — 240 с.
3. Зацепина Г. Н. Свойства и структура воды. 2-е изд., перераб. — М.: Изд-во МГУ, 1974. — С. 118.
4. Александров А. А., Григорьев Б. А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. — М.: Изд-во МЭИ, 1999. — 168 с.
5. Эйзенберг Д., Кауцман В. Структура и свойства воды. — Л.: Гидрометеиздат, 1975. — 280 с.
6. Летников Ф. А., Кашеева Т. В., Минцис А. Ш. Активированная вода. — Новосибирск: Наука, 1976.
7. Титков В. И. Четвертая стихия. Из истории борьбы с огнем. — М.: Изд-во Объединенной редакции МВД России, 1998. — 192 с.
8. Роевко В. В. Анализ требований к комплексу средств пожаротушения автодорожных тоннелей // Мир и безопасность. — 2004. — № 6. — С. 26–29.
9. Alfons Rempe. Loschmittelwasser. — Stuttgart, Berlin, 1997. — 161 s.
10. НПБ 88–2001*. Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования.
11. Тетерин И. М. Температурно-активированная вода — новая парадигма развития техники пожаротушения // Средства спасения: журнал-каталог. — 2005. — С. 44.
12. Кульский Л. А., Даль В. В., Ленчина Л. Г. Вода знакомая и загадочная. — К.: Рядяньска школа, 1982. — 53 с.

Поступила в редакцию 19.06.07.