

П 2  
К 17

М. В. КАЗАКОВ  
П. Г. ДЕМИДОВ

# Применение смачивателей для тушения пожаров

СТРОЙИЗДАТ • 1964



ЧИТАЛЬНЯ

1975e

М. В. КАЗАКОВ,  
П. Г. ДЕМИДОВ

1882/255бр.

# Применение смачивателей для тушения пожаров

БИБЛИОТЕКА  
ФИЛ и Б  
Высшей школы  
МООП РСФСР

ЧИТАЛЬНЫЙ ЗАЛ



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛИТЕРАТУРЫ  
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ  
Москва — 1964

В брошюре даны краткие сведения о составе смачивателей и их свойствах, методы испытаний и их выбор для тушения пожаров, а также приведены первые опыты по применению водных растворов смачивателей для тушения.

Рассчитана на работников пожарной охраны, инженеров по технике безопасности и может быть использована слушателями пожарно-технических учебных заведений.

1955/10/11

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

МОСКВА  
1955

## Глава I. ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ ВОДОЙ

### ВОДА КАК ОГНЕГАСИТЕЛЬНОЕ ВЕЩЕСТВО

Для создания в зоне горения пожара условий прекращения горения применяются различные огнегасительные средства.

Выбор огнегасительных средств при любом способе тушения подчиняется определенным требованиям. Такими требованиями являются:

высокий эффект тушения, т. е. при малом расходе на единицу площади или объема пожара быстро прекращать горение;

безопасность пользования ими и их хранение;

безвредность действия их на вещества и предметы.

Кроме этих требований предъявляются специфические требования для каждой группы способов тушения пожаров. Могут быть случаи, когда одно и то же огнегасительное средство может применяться в различных способах тушения и действовать по-разному.

Так, например, вода при подаче ее на горящее вещество компактными струями прекращает горение охлаждением или изоляцией горящих веществ, а при подаче тонкораспыленными струями тушит разбавлением горючих паров, газов или воздуха негорючими водяными парами.

Таким образом, вода как огнегасительное средство может применяться при трех способах тушения пожаров. При каждом способе состояние ее и техника подачи в очаг горения различны.

Как известно, при способе охлаждения температура зоны горения должна быть ниже температуры потухания. При пламенном горении охладить непосредственно зону горения, представляющую собой тонкий, подвижный газовый слой, практически невозможно.

Только при гетерогенном горении можно охладить зону горения твердых веществ, что на пожарах встречается слишком редко (горение кокса, древесного угля, саж).

Поэтому, как правило, при тушении пожаров водой охлаждается не зона горения, а горящее вещество, что приводит к тем же результатам, т.е. снижению температуры зоны горения. При

этом охладить водой газы и легковоспламеняющиеся жидкости практически также невозможно, а горючие жидкости — очень трудно. Поэтому способ охлаждения водой применяется в основном для тушения твердых веществ.

Быстрота охлаждения горящих твердых веществ негорючими веществами зависит от удельной поверхности соприкосновения их друг с другом, разности температур и коэффициента восприятия тепла негорючего вещества.

Наибольшей удельной поверхностью соприкосновения с твердыми веществами обладают жидкости и газы. Однако в условиях газообмена на пожаре холодные газы трудно привести в соприкосновение с твердыми горящими веществами. При этом и теплоемкость газов невысокая. Поэтому более целесообразно для охлаждения твердых горящих веществ применять жидкости, особенно обладающие большой теплоемкостью. Такой жидкостью и является вода.

Характерной особенностью воды является ее термическая стойкость. Если четыреххлористый углерод, бромистый этил и другие негорючие жидкости разлагаются при попадании на горящие твердые вещества, то с водой этого не происходит. Пары воды только при температуре  $1700^{\circ}\text{C}$  и выше начинают разлагаться с заметной скоростью. Температура же горения большей части распространенных твердых веществ и материалов не превышает  $1250\text{—}1300^{\circ}\text{C}$ .

Вода с твердыми горючими веществами, как правило, не вступает в реакцию. Исключение составляют щелочные и щелочноземельные металлы (калий, натрий, кальций, рубидий, цезий и др.), их нельзя тушить водой.

Вода не растворяет твердые горючие материалы: древесину, бумагу, ткани, торф, каменный уголь и др. Поэтому она применяется не только для их тушения, но и для защиты еще не загоревшихся от воспламенения предметов.

При охлаждении горящих веществ водой некоторое количество ее испаряется и переходит в пар. Это используется для повышения скорости тушения ряда веществ. При попадании воды и других негорючих жидкостей на поверхность твердых горящих материалов происходит смачивание поверхности, а в ряде случаев жидкости проникают в глубь материалов. Один и тот же объем жидкостей смачивает неодинаковую поверхность твердых материалов. Это связано с поверхностным натяжением жидкости. Чем больше эта величина, тем меньше жидкость смачивает поверхность твердых веществ. В табл. I приведены значения поверхностного натяжения негорючих жидкостей.

Как видно, вода имеет большое поверхностное натяжение. Это препятствует быстрому распределению ее по поверхности горящих твердых материалов и проникновению в глубь их, что отрицательно сказывается на скорости охлаждения. Если по-

верхностное натяжение воды удалось бы снизить, то эффект тушения ею резко повысился.

Таблица 1

Жидкость	Поверхностное натяжение в эрг/см <sup>2</sup>
Вода . . . . .	72
Четыреххлористый углерод . . . . .	26,9
Бромистый этил . . . . .	24,15
Хлористый этилен . . . . .	38,73

При тушении по способу охлаждения вода подается на поверхность горящих материалов компактной или грубораспыленной струей. Необходимо знать, что вода при растворении в ней солей, кислот и щелочей является проводником электрического тока, следовательно, применять компактные струи при наличии на пожарах электрических сетей под напряжением опасно. Опытами, проведенными ЦПИИПО, доказано, что вода может применяться для тушения электроустановок и проводов под напряжением при условии соблюдения минимальных безопасных расстояний. Эти расстояния зависят от напряжения, удельного сопротивления воды, диаметра sprыска и степени раздробленности струи.

### МЕХАНИЗМ ТУШЕНИЯ ВОДОЙ

Вода как огнегасительное вещество применяется при трех способах тушения: изоляции, разбавления и охлаждения. По способу изоляции вода тушит нерастворимые в ней жидкости с удельным весом более 1, например сероуглерод, дибутилфталат или твердые вещества, находящиеся в помещениях, которые можно заливать водой (подвал, трюм). Как показывает практика тушения пожаров, вода при этих способах применяется крайне редко.

По способу разбавления реагирующих веществ вода применяется значительно чаще. Ею тушат газовые и нефтяные фонтаны, а также водорастворимые легковоспламеняющиеся и горючие жидкости в резервуарах.

Вода широко применяется для тушения твердых веществ по способу охлаждения.

Рассмотрим процесс тушения твердых веществ водой на примере тушения древесины, как самого распространенного на пожарах твердого горючего вещества.

К моменту введения подразделениями пожарной охраны сил и средств на тушение горящая древесина прогревается на некоторую глубину и на ее поверхности образуется слой угля,

толщина которого зависит от времени свободного развития пожара. Температура верхнего слоя угля к этому времени составляет 500—600° С.

Сущность способа тушения охлаждением и состоит в том, чтобы понизить температуру верхнего слоя угля, прекратить передачу тепла через него к древесине и тем самым приостановить ее разложение. При этом горючие пары и газы не будут поступать в зону горения, и горение прекратится.

Следовательно, при этом способе тушения вода должна подаваться только на поверхность горящей древесины. Подача воды в пламя, т. е. в зону горения или в горючие пары и газы, а также в продукты сгорания, не может снизить температуру угля на горящей древесине и, следовательно, не может прекратить горения.

Вода, подаваемая на поверхность горящей древесины, соприкасается с одной стороны с поверхностью нагретого до высокой температуры угля, а с другой — с нагретыми парами и газами.

Поэтому она одновременно воспринимает теплоту от древесного угля, горючих паров и газов и теплоту, излучаемую зоной горения (на рис. 1 показано стрелками).

Хотя температура верхнего слоя угля при горении древесины и высокая, однако вода, подававшаяся на его поверхность, очень быстро охлаждает тонкий слой угля. Объясняется это большой разностью температур угля и воды, а также малой теплопроводностью угля.

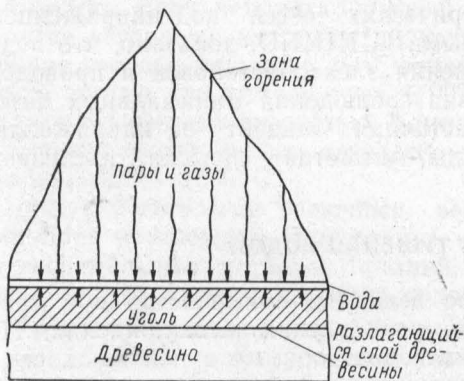


Рис. 1. Схема передачи тепла воде при тушении

Снижение температуры верхнего слоя угля ведет к прекращению передачи тепла древесине и поступления паров и газов в зону горения. В связи с этим горение прекращается.

Так происходит на том участке горящей древесины, на котором в течение некоторого времени подается вода.

При существующих способах подачи воды на горящую поверхность древесины ни сплошная, ни грубораспыленная струи не могут одновременно покрыть всю ее водой. Объясняется это тем, что у горящих материалов и конструкций существуют поверхности горения, которые при подаче струи с одной точки не могут быть политы водой, например, поверхность горящих досок внутри штабеля пиломатериалов и внутри сгораемых пустотелых перегородок. Кроме того, на пожарах поверхность горячей

древесины обычно превышает поверхность, поливаемую в данный момент струей.

В связи с этим при переносе струи с потушенного участка древесины на другой на этот участок вновь воздействуют нагретые продукты сгорания и лучистая теплота пламени с соседних участков, где продолжается горение.

В результате передачи тепла верхний слой угля на потушенном участке нагревается, разложение древесины возобновляется и через какой-то промежуток времени на нем вновь возникает горение.

Таким образом, чтобы увеличить время до повторного воспламенения древесины на потушенном участке и дать возможность прекратить горение на соседних участках, необходимо в процессе тушения древесины водой добиваться охлаждения не только верхнего, но и всего слоя угля на горячей древесине и смачивания его водой. Поскольку вода смачивает уголь только при температурах ниже температуры кипения воды, то, следовательно, уголь в процессе тушения необходимо охлаждать до температуры ниже  $100^{\circ}\text{C}$ .

Если при тушении древесины водой температура в верхнем слое угля снижается довольно быстро, так как вода с ним непосредственно соприкасается, то последующие слои угля охлаждаются значительно медленнее. Причиной этому является высокое поверхностное натяжение воды и малая теплопроводность угля.

Древесный уголь, обладая большой пористостью, мог бы иметь с водой большую поверхность соприкосновения. Однако вода в силу высокого поверхностного натяжения очень медленно смачивает стенки пор угля и не заходит в них. Следовательно, поверхность соприкосновения ее с углем небольшая, и это замедляет процесс охлаждения угля (рис. 2).

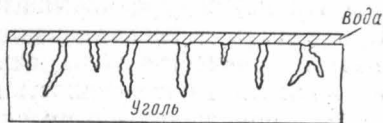


Рис. 2. Схема поверхности соприкосновения воды с древесным углем

В связи с тем, что вода имеет высокое поверхностное натяжение, она очень медленно растекается по поверхности угля и, следовательно, не способна охлаждать те поверхности горения древесины, которые скрыты от воздействия струи. Все это ведет к увеличению интенсивности подачи воды на горящую поверхность и длительному тушению.

Интенсивность подачи воды на тушение древесины и других твердых материалов по данным ЦНИИПО видна из табл. 2.

В практике тушения пожаров, где горючим веществом является древесина, для увеличения поверхности соприкосновения воды с ней и, следовательно, увеличения скорости охлаждения в зависимости от обстановки тушат компактной частью сплош-



ной струей или распыленной струей. В первом случае добиваются увеличения поверхности соприкосновения путем введения воды под давлением в поры угля, во втором — путем подачи воды на большую поверхность угля. Эти приемы, особенно второй, ускоряют процесс тушения, но не могут значительно снизить интенсивность подачи воды на тушение.

Таблица 2

Материал	Интенсивность подачи воды в л/сек. м <sup>2</sup>	Время тушения в мин
Мебель . . . . .	0,06—0,1	—
Пиломатериалы в штабелях при влажности в %:		
8—14 . . . . .	0,45	—
свыше 30 . . . . .	0,21	—
Каучук, резина, резино-технические изделия . . . . .	0,1 —0,14	50—60
Триацетатная пленка . . . . .	0,06—0,08	До 30
Бумага разрыхленная . . . . .	0,08—0,0098	„ 10
Текстолит, карболит, отходы пластмасс . . . . .	0,06—0,1	10—17

На основе изложенного можно сделать вывод, что для улучшения огнегасительных свойств воды необходимо понизить ее поверхностное натяжение. Если это осуществить, то при соприкосновении, например, с поверхностью горящей древесины она будет смачивать большую поверхность угля (даже часть той поверхности его, которая не может быть смочена непосредственно струей), заходить после охлаждения в его поры и, следовательно, быстро насыщать уголь водой и охлаждать его. При этом кроме сокращения времени тушения должно уменьшиться количество воды, сливающейся с горячей поверхности, и сократиться интенсивность подачи ее на тушение.

Для понижения поверхностного натяжения воды и применяются поверхностно-активные вещества (смачиватели).

## Глава II. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВАХ

### I КЛАССИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Свойства поверхностно-активных веществ прежде всего зависят от химической природы и строения их молекул. В связи с этим и классификация этих соединений построена на этом принципе. Их можно разделить на две большие группы. В пер-

вую группу входят вещества, молекулы которых, растворяясь в воде, диссоциируют (распадаются) на две противоположно заряженные части (ионы). Причем эти части не равны друг другу по величине. Обычно это ион, состоящий из углеводородной цепи, который является поверхностно-активным, и небольшой по величине поверхностно-неактивный ион, состоящий, как правило, из одного атома.

Вещества, входящие в эту группу, называются ионогенными.

Эта группа в зависимости от заряда поверхностно-активного иона в свою очередь делится на две подгруппы:

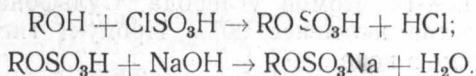
анионактивные, т. е. вещества, при диссоциации которых образуется поверхностно-активный анион и малый по размерам катион, который не обладает поверхностной активностью;

катионактивные, т. е. вещества, при диссоциации которых образуется поверхностно-активный катион и малый отрицательно заряженный, не обладающий поверхностной активностью анион (хлор, бром и т. д.).

Во вторую группу входят вещества, которые растворяются в воде, но не подвергаются диссоциации и не образуют электрически заряженных частиц — ионов.

К анионактивным поверхностно-активным веществам относятся алкилсульфаты первичных и вторичных спиртов, алкиларилсульфонаты, алкилсульфонаты, а также вещества типа ДС-РАС, контакта Петрова и др.

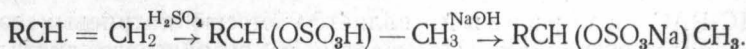
Алкилсульфаты первичных спиртов получают в результате этерификации первичных жирных спиртов серной или хлорсульфоновой кислотами и последующей нейтрализацией образовавшихся эфиров едким натрием



Представителем этой группы соединений является моющее средство «Новость», содержащее около 40% активного вещества.

Алкилсульфаты вторичных спиртов получают из олефинов, которые являются продуктом крекинга высокоплавленного парафина. Олефины, идущие для получения вторичных алкилсульфатов, должны содержать углеводороды  $\text{C}_8$ — $\text{C}_{18}$  и в основном состоять из альфа-олефинов.

Они получают по следующей схеме.



Выпускаются под названием «Прогресс». Это — жидкость, хорошо растворимая в воде. Содержание активного вещества в продукте должно быть не менее 20%.

Алкиларилсульфонаты (сульфонолы) получают путем синтеза различных ароматических углеводородов с алкилирующими веществами (спиртами, олефинами и т. д.). В качестве ароматических углеводородов применяются в основном бензол и нафталин.

Представителями алкиларилсульфонатов являются сульфонол НП-1 и сульфонол НП-5. Различие их состоит в том, что алкильный остаток НП-1 содержит в основном 12 атомов углерода, а НП-5—9.

Недостатком продукта следует считать небольшой насыпной вес и слабую растворимость. При температуре 20°С не удается растворить более 2% вещества. С повышением температуры растворимость увеличивается незначительно.

Представителем алкиларилсульфонатов является и смачиватель НБ (некаль), представляющий собой натриевую соль бутилнафталинсульфокислоты.

Смачиватель получается в результате алкилирования нафталина бутиловым спиртом с последующим сульфированием и нейтрализацией. К алкиларилсульфонатам относится также сульфонол Б, получаемый в результате фотохимического хлорирования дезароматизированного керосина.

Алкилсульфонаты получают из дезароматизированного керосина или жидкого парафина в результате фотохимического сульфохлорирования. После нейтрализации образующегося сульфохлорида получается продукт, обладающий хорошими смачивающими свойствами.

Алкилсульфонаты (сульфонаты) представляют собой смесь натриевых солей алкилсульфокислот с алкильными остатками, содержащими 12—18 атомов углерода. Сульфонаты содержат активного вещества не менее 90%. Продукт гигроскопичен и хорошо растворим в воде.

Пенообразователь ПО-1 представляет собой смесь натриевых солей сульфокислот различного строения. Он получается в результате нейтрализации контакта Петрова едким натрием. Получение его основано на очистке продукта от примесей масел. После нейтрализации к продукту добавляется костный клей и спирт. Пенообразователь представляет собой жидкость, хорошо растворимую в воде, с удельным весом 1,1—1,15 и содержанием сульфосолей до 55%. Смачивающая способность его невелика. ПО-1 обладает хорошей пенообразующей способностью.

ДС-РАС натриевый является смесью натриевых солей алкиларилсульфокислот. Получается из газойлевого дистиллата в результате сульфирования с последующим экстрагированием толуолом и нейтрализацией едким натром. Представляет собой жидкость, хорошо растворимую в воде, с содержанием

сульфосолей не менее 45%. Обладает хорошей пенообразующей способностью.

**Мылонафт.** Активная часть его состоит из натриевых солей органических кислот, получаемых из отходов щелочной очистки дистиллатов нефти. Растворяется в теплой воде. Содержит не менее 43% активного вещества.

**Синтол** — продукт, выпускаемый на основе сульфатов вторичных спиртов, получаемых методом Башкирова. В состав синтола кроме 20—25% активного вещества входят также алкилоламыды, спирт и 50% воды.

**ДНС** — динатриевая соль моноалкилсульфоянтарной кислоты, получается в результате синтеза высших спиртов и малеинового ангидрида. Обладает хорошей моющей способностью.

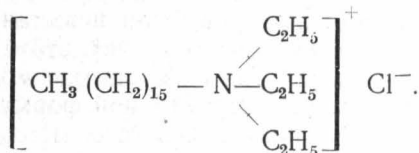
**Паста из вторых неомыляемых** производится на основе спиртов, выделяемых из вторых неомыляемых, получаемых при производстве жирных кислот. Вторичные неомыляемые содержат до 80% первичных спиртов и до 20% вторичных спиртов с числом углеродных атомов  $C_{10}$ — $C_{20}$ . Готовый продукт представляет собой расслаивающую пасту с содержанием активного вещества около 20%.

Очищенные вторичные алкилсульфаты получают из спиртов в результате окисления жидких парафинов по методу Башкирова. При сульфировании до 50% спиртов теряется.

Очищенные вторичные алкилсульфаты являются основой для получения синтола, но в противоположность ему слабо растворяются в воде. На основе очищенных алкилсульфатов получают стиральные порошки «Астра», «Новость», «Кристалл».

**Катионактивные вещества.** Они обладают хорошим моющим действием в кислой среде и что особенно важно являются антисептиками. Их применение в качестве смачивателей при тушении пожаров мало вероятно.

Для примера приведем структурную формулу представителя этого класса соединений цетилтриэтиламинохлорида



Как указывалось, катионактивные вещества обладают большим по величине поверхностно-активным катионом и одноатомным инактивным анионом.

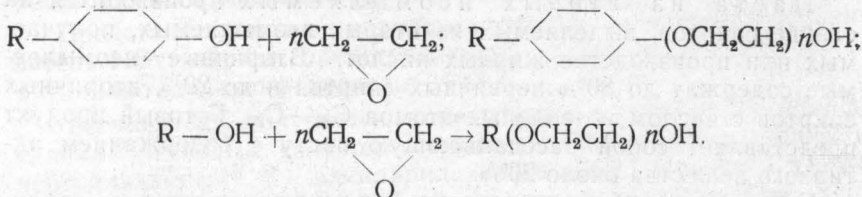
Поверхностно-активный катион, наряду с открытой углеводородной цепью может иметь и замкнутое кольцообразное строение.

✓ **Неионогенные вещества.** К этой группе веществ относятся многочисленные синтетические и природные соединения, которые не диссоциируют в водных растворах и не образуют электрически заряженных ионов.

При растворении в воде между кислородными атомами неионогенных соединений и молекулами воды образуется водородная связь с образованием гидратов, которые обуславливают их растворение.

Углеводородная часть молекул предопределяет гидрофобные свойства неионогенных веществ.

Синтетические неионогенные вещества могут быть получены в результате синтеза окиси этилена с соединениями, содержащими активный атом водорода, такими, как, алкилфенолы, жирные спирты, жирные кислоты и др.



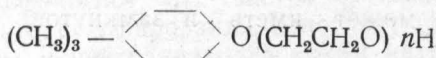
Если гидрофобная часть молекулы имеет небольшую длину, то для получения водорастворимого соединения требуется присоединить небольшое количество молекул окиси этилена. Если же гидрофобный радикал обладает значительными размерами, то для получения соединения, хорошо растворяющегося в воде, требуется присоединить большее количество молекул окиси этилена.

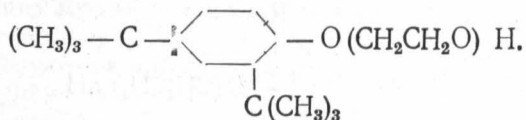
Физико-химические свойства неионогенных соединений в значительной степени зависят от количества присоединяемых молекул окиси этилена. Так, с увеличением их количества пропорционально возрастают удельный вес, вязкость и температура замерзания.

Для применения неионогенных препаратов в качестве смачивателей при тушении пожаров были испытаны пять веществ.

Препарат ОС-20 получается в результате взаимодействия смеси высших жирных спиртов с двадцатью молями окиси этилена. Продукт соответствует структурной формуле  $R - \text{O}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$ , где алкильный остаток R содержит в основном 16—18 атомов углерода. Разбавленные водные растворы ОС-20 опалесцируют.

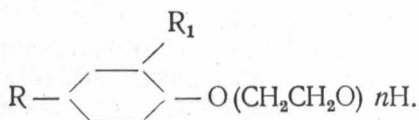
Смачиватель ДБ представляет собой продукт реакции семи молекул окиси этилена и смеси моно- и дитретичных бутилфенолов





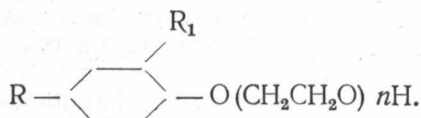
При нагревании растворимость смачивателя в воде увеличивается. Концентрированные растворы ДБ прозрачны. При разбавлении водой от 8 до 1% начинают опалесцировать. В более разбавленных растворах опалесценция исчезает. Растворы ДБ обладают очень хорошими смачивающими свойствами, в особенности по отношению к неполярным веществам. Специально изготавливается как смачиватель для пылеподавления в шахтах и рудниках.

Эмульгатор ОП-4 образуется при взаимодействии четырех молекул окиси этилена и смеси моно- и диалкилфенолов. Алкильные остатки содержат 8—10 атомов углерода. Структурная формула соединения:



С водой образует устойчивую эмульсию, что объясняется небольшим количеством атомов кислорода и довольно длинным углеводородным радикалом.

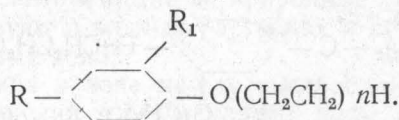
Вспомогательные вещества ОП-7 и ОП-10. ОП-7 получают в результате присоединения семи молекул окиси этилена к моно- либо диалкилфенолам. Алкильные остатки содержат 8—10 атомов углерода. В результате взаимодействия получают продукты, имеющие следующую структурную формулу:



$\text{R}=\text{R}_1$  или  $\text{H}$ ,  $n=7$ . По сравнению с ДБ обладает хорошими пенообразующими, но плохими смачивающими свойствами.

ОП-10 является продуктом взаимодействия 10 молекул окиси этилена и смеси моно- и диалкилфенолов с алкильными остатками, содержащими 8—10 атомов углерода.

Соответствует структурной формуле



По внешнему виду продукты представляют собой пасту, для растворения которой требуется подогрев.

### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Добавление небольших количеств поверхностно-активных веществ (0,1—2%) к воде резко изменяет ее свойства. Водные растворы подобных веществ обладают малым поверхностным натяжением, хорошей смачивающей и моющей способностями, образуют пену и т. д. Свойства, которые приобретает вода после добавления к ней небольших количеств поверхностно-активных веществ, повышает ее огнегасительные свойства.

В основном эти свойства связаны с изменением поверхностных свойств воды и проявляются на границе раздела водных растворов с пограничной фазой.

Граница раздела двух фаз может быть образована водными растворами поверхностно-активных веществ с твердыми телами, воздухом, насыщенным паром и т. д. Физико-химические свойства поверхностей раздела двух фаз резко отличаются от таких же свойств их внутренних частей. Это различие обусловлено наличием на поверхности раздела запаса свободной энергии.

**Поверхностное натяжение.** Одной из важных величин, характеризующих поверхность раздела двух фаз, является поверхностное натяжение системы, которое, как видно из названия, проявляется на граничной поверхности двух фаз, например на поверхности жидкости, окруженной насыщенным паром, воздухом и т. п.

Поверхностное натяжение является результатом сил межмолекулярного взаимодействия. Сущность этого явления может быть понятна при рассмотрении схемы взаимодействия молекул (рис. 3), например на границе раздела жидкости — насыщенные пары жидкости.

Межмолекулярные силы взаимодействия действуют на определенном чрезвычайно малом расстоянии друг от друга. Это расстояние определяется радиусом окружностей с центрами в точках  $M_1$  и  $M_2$ . С молекулами  $M_1$  и  $M_2$  взаимодействуют молекулы, находящиеся внутри этих сфер. Моле-

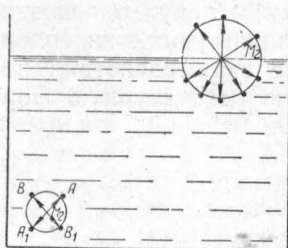


Рис. 3. Схема взаимодействия молекул жидкости

кула  $M_1$  равномерно притягивается окружающими ее молекулами, находящимися от нее на равных расстояниях. Молекула  $A$  притягивает молекулу  $M_1$  с такой же силой, как и молекула  $A_1$ . Также действуют молекулы  $B$  и  $B_1$ . Силы, действующие на молекулу  $M_1$ , уравновешены.

Равнодействующая этих сил равна нулю. Следовательно, для перемещения молекул находящихся внутри жидкости не требуется затрачивать никакой работы.

Силы межмолекулярного воздействия оказывают на молекулу  $M_2$  неравномерное влияние. Действие сил молекул, находящихся в жидкости, не уравновешивается действием сил, находящихся в газовой среде. Это связано с тем обстоятельством, что в газообразной фазе молекулы находятся на большем расстоянии друг от друга, так как плотность газовой среды значительно меньше плотности жидкости.

Силы молекулярного воздействия на воздух остаются неуравновешенными. Сила, действующая на молекулу  $M_2$ , направлена внутрь жидкости. Для «вытягивания» молекулы на поверхность требуется совершить определенную работу. Работа образования поверхности, отнесенной к единице площади, и называется поверхностным натяжением. Оно измеряется обычно  $\text{эрг/см}^2$  либо  $\text{дин/см}$ .

Работа для создания этой поверхности колеблется в широких пределах и зависит от химического строения молекул и от расстояния между ними.

Для воды эта работа значительна из-за большой силы сцепления между молекулами, а для углеводородных жидкостей намного меньше.

Поверхностное натяжение уменьшается с увеличением температуры. Это происходит в результате того, что молекулы, находящиеся на поверхности фазы, стремятся уйти внутрь жидкости. Повышение же температуры увеличивает тепловое движение молекул, что способствует перемещению их в обратном направлении. Для большей части жидких веществ падение поверхностного натяжения с ростом температуры имеет линейный характер.

Поверхностное натяжение жидких веществ, например воды, может быть снижено и при обычной температуре. Это достигается добавлением к воде поверхностно-активных веществ. Обладая меньшим поверхностным натяжением, чем вода, и концентрируясь в поверхностном слое, они уменьшают поверхностное натяжение. Этот процесс концентрирования вещества в поверхностном слое называется адсорбцией.

Процесс адсорбции описан в уравнении Гиббса

$$\Gamma = -C \frac{dC}{dp} \cdot \frac{d\sigma}{dC},$$



где  $\Gamma$  — величина адсорбции, характеризующая избыток растворимого вещества, приходящегося на  $1 \text{ см}^2$  поверхности;

$C$  — концентрация раствора;

$\sigma$  — поверхностное натяжение;

$p$  — осмотическое давление.

Для разбавленных растворов, применяя законы идеальных газов, можно записать уравнение Гиббса в следующем виде:

$$\Gamma = - \frac{C}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dC}.$$

Для того чтобы вещество было поверхностно-активным в водной среде, его молекулы должны обладать резко выраженной асимметричностью строения.

Они должны иметь небольшую полярную гидрофильную (родственную воде) группу, например  $\text{OH}$ ,  $\text{NH}_2$ ,  $\text{COOH}$ ,  $\text{OSO}_2\text{H}$  и др., и гидрофобную (не имеющую родства к воде) сравнительно большую органическую группу, состоящую из бензольного кольца, парафинистой цепочки либо соединения того и другого.

Молекулы поверхностно-активных веществ, находящиеся в поверхностном слое, располагаются таким образом, что их полярная гидрофильная часть обращена к воде, а гидрофобная — к менее полярной фазе (рис. 4).

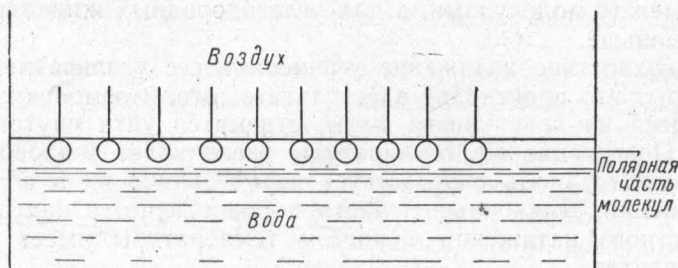


Рис. 4. Ориентация поверхностно-активных молекул

Располагаясь таким образом, молекулы поверхностно-активных веществ понижают поверхностное натяжение воды. Поверхностное натяжение при добавлении небольшого количества вещества резко снижается и затем при достижении определенной концентрации это падение замедляется и в дальнейшем практически можно считать его величиной постоянной. Кривая изменения поверхностного натяжения в зависимости от концентрации в общем виде показана на рис. 5.

Обычно вода, растворяя неорганические вещества, хорошо смачивает их. К подобным веществам относятся соли, кислоты и т. п.

Однако, как правило, водой приходится тушить органические вещества, например древесину, ткани и др. Они не родственны воде и не растворяются в ней. Воде трудно проникнуть в поры подобных веществ и при тушении она стекает с них. Если же к воде добавить поверхностно-активные вещества, она сможет хорошо проникать в поры веществ, растекаться по их поверхности и, следовательно, можно быстро достичь эффекта тушения.

Если мы добавим к воде поверхностно-активные вещества, молекулы их, адсорбируясь на границе раздела, располагаются определенным образом. Полярные части будут обращены в воду, а длинные углеводородные цепи в воздух. В связи с чем вода с добавками поверхностно-активных веществ на поверхности древесины, торфа, ткани и тому подобных веществ будет себя вести иначе. Она становится родственна им, в связи с этим будет лучше проникать в поры и растекаться на поверхности. Тем самым коэффициент использования воды повышается.

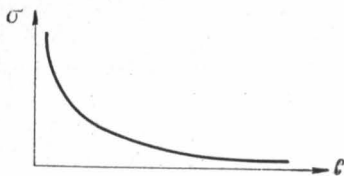


Рис. 5. Изменение поверхностного натяжения в зависимости от концентрации П. А. В.

1982/25 др.

### МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ

Поверхностное натяжение определяют двумя методами: статическим и динамическим.

Для чистых неассоциированных жидкостей численные значения поверхностного натяжения, определяемые с помощью статических и динамических методов, совпадают.

Для растворов поверхностно-активных веществ динамические методы применять нецелесообразно из-за того, что для образования адсорбционного слоя требуется определенное время.

Из статических методов чаще других применяются следующие:

поднятия или опускания жидкости в капиллярной трубке; взвешивания или счета капель; максимального давления пузырьков; отрыва кольца.

Наиболее простыми и пригодными с целью определения поверхностного натяжения растворов смачивателей, испытываемых для тушения, являются методы взвешивания или счета капель и максимального давления пузырьков.

Метод взвешивания капель или их счета (сталагмометрический) основан на уравнивании двух сил при вытекании

БИБЛИОТЕКА  
ФНП и В  
Высшей школы  
МООН РСФСР

жидкости из круглого отверстия определенного радиуса. В момент отрыва капли ее вес определяется следующим соотношением:

$$P = 2\pi r\sigma,$$

где  $r$  — радиус капилляра;

$\sigma$  — поверхностное натяжение исследуемой жидкости.

Таким образом, взвешивая образующиеся капли и зная радиус капилляра, мы можем определить значение поверхностного натяжения.

Обычно при определении не прибегают к взвешиванию капель, а измеряют их количество, образованное при вытекании определенного объема жидкости из сталагмометра.

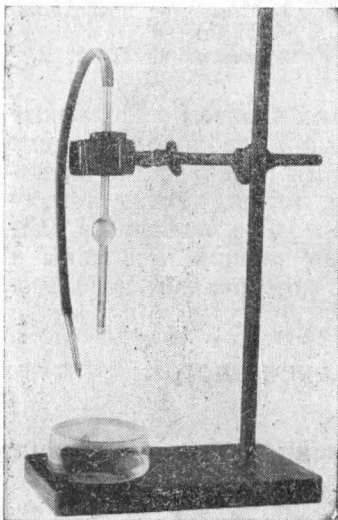


Рис. 6. Сталагмометр

Вес образующейся капли определяется следующим равенством:

$$P = \frac{V}{N} d,$$

где  $V$  — объем вытекшей жидкости;

$N$  — число капель в объеме;

$d$  — плотность исследуемой жидкости.

Используя ранее записанное уравнение, можно получить следующее равенство:

$$\frac{V}{N} d = 2\pi r\sigma,$$

откуда

$$V = \frac{2\pi r \sigma}{d} N.$$

Взяв в качестве стандартной жидкости какое-либо вещество, например воду, и измерив количество капель, вытекающих из одного и того же объема, а также зная табличное значение поверхностного натяжения для воды, можно записать:

$$\frac{2\pi r \sigma_B N_B}{d_B} = \frac{2\pi r \sigma_I N_I}{d_I},$$

откуда

$$\frac{\sigma_B N_B}{d_B} = \frac{\sigma_I N_I}{d_I} \quad \text{и} \quad \sigma = \sigma_B \frac{N_B}{N} \cdot \frac{d}{d_B}.$$

Если в качестве стандартной жидкости при определении поверхностного натяжения разбавленных водных растворов поверхностно-активных веществ берем воду, то можно принять  $d_B = d$ . Тогда формула примет вид

$$\sigma = \frac{72,75 N_B}{N},$$

где 72,75 — поверхностное натяжение воды в  $\text{эрг}/\text{см}^2$  при  $20^\circ\text{C}$ ;

$N_B$  — количество подсчитанных капель воды;

$N$  — количество подсчитанных капель исследуемого раствора.

Опыт повторяют несколько раз, после чего окончательные данные берутся по средним показателям.

Метод максимального давления пузырьков также используется для определения поверхностного натяжения водных растворов поверхностно-активных веществ. Сущность метода: измеряется давление, необходимое для образования пузырька исследуемого раствора. Определение производят на приборе, сконструированном П. А. Ребиндером (рис. 7).

Сосуд 1, помещенный в термостат, затворяют исследуемой жидкостью. Он соединяется с манометром 3, водоструйным насосом и атмосферой с помощью микрокрана 4. Для более точных измерений применяется наклонный манометр, за-

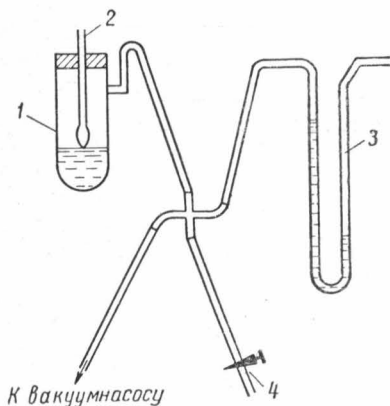


Рис. 7. Схема прибора Ребиндера для измерения поверхностного натяжения

Вещества	Концентрация в % (по весу)					
	2	1	0,5	0,25	0,125	0,0625
Сульфолол НП-1	26,6	27,9	28,4	29,1	32,3	40,8
Сульфолол НП-5	28	23	28,4	32,3	37,2	46,5
Сульфолол Б	30,9	31,7	31,9	33,1	35,3	39,5
Сульфонат из керосина (партия № 126)	28,1	28,6	29,5	31,1	32,8	35,8
Сульфонат из синтина (партия № 300)	—	34	35	36	37,5	43,8
Эмульгатор ОП-4	30,2	31,4	22,8	35,2	36,4	38,8
Вспомогательное вещество ОП-7	31,1	31,7	31,8	32,4	34,3	37
Вспомогательное вещество ОП-10	31,9	32,3	33,4	34,8	35,6	40,8
Смачиватель ДБ	29,4	29,8	30,2	30,3	30,8	32
Синтол	33,8	35,2	36,9	39,7	44,3	50,3
„Прогресс“	33,9	34,6	37,5	42,7	53,5	65
Очищенные алкилсульфаты вторичных спиртов	32,7	34	36,3	40,8	41,8	58,5
Паста из вторых неомыляемых	31,7	35	36,4	43,3	53,2	—
ДНС	33,8	35,4	39,7	44,7	52,1	66,5
ДНС (водорастворимый)	31	35,3	39,3	44,7	53,4	62
Сульфированные алкилоламыды	32	34,7	37,2	41,2	47,2	56,7
Препарат ОС-20	39,5	40,1	40,8	41,6	42,7	44,8
Некаль (НБ)	34,6	34,6	38,6	47,2	56,7	—
Детергент РАС натриевый	35	37,1	42,7	47,2	63,7	—
Пенообразователь ПО-1	32	34,8	40,1	—	—	—
Мылонафт	32,4	33,3	36,3	42,4	46,6	59,8

полненный толуолом. Сосуд 1 закрывается пробкой, через которую проходит стеклянная трубка 2 с расширением, заканчивающимся капиллярным кончиком, который во время опыта погружен в исследуемую жидкость так, чтобы он слегка касался ее поверхности.

Для измерения пускают в ход водоструйный насос с таким расчетом, чтобы полученная разность между давлением внутри сосуда 1 и атмосферным обеспечивала образование воздушного пузырька через опущенный в воду капиллярный кончик с диаметром  $0,1 \div 3$  мм.

При этом в момент образования пузырька

$$\sigma = \frac{rp}{2},$$

где  $r$  — радиус капилляра;

$p$  — максимальное давление в  $\text{дин}/\text{см}^2$ , при котором в жидкости отрывается пузырек воздуха.

Если известно поверхностное натяжение и давление какой-либо стандартной жидкости, например воды, то  $\sigma$  исследуемой жидкости определяется по формуле

$$\sigma = \sigma_{\text{в}} \frac{p}{p_{\text{в}}}.$$

Вместо  $p_{\text{в}}$  и  $p$  можно брать высоту  $h_{\text{в}}$  и  $h$  манометрической жидкости. В этом случае будем иметь

$$\sigma = \sigma_{\text{в}} \frac{h}{h_{\text{в}}}.$$

Отсюда можно сделать вывод, что чем меньше величина поверхностного натяжения раствора, тем больше капель будет образовываться из одного и того же объема жидкости.

При тушении распыленными струями большую роль играет величина образующихся капель. Чем больше образуется капель из одного и того же объема воды, тем больше их суммарная поверхность. В результате этого увеличивается скорость испарения воды, быстрее снижается температура, разбавляются продукты разложения горящих веществ до негорючих концентраций и осаждается дым.

Результаты испытаний некоторых растворов поверхностно-активных веществ на поверхностное натяжение даны в табл. 3.

#### СМАЧИВАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Как указывалось ранее, для ликвидации горения требуется большое количество воды. Это связано с тем, что вода мало проникает внутрь вещества, слабо смачивает горящие предме-

ты и плохо растекается по поверхности. Много воды, подаваемой в зону горения, вообще не участвует в тушении и не используется.

Плохое смачивание можно проиллюстрировать на примере целого ряда гидрофобных веществ (хлопка, шерсти, парафина, сажи и др.). Если взять кусочек хлопка и поместить его в стакан с водой, то он будет долго плавать на поверхности. Вода не проникает внутрь хлопка. Если же мы добавим к воде всего лишь  $0,1 \div 1\%$  поверхностно-активного вещества, то хлопок, помещенный на поверхность такого раствора, начнет поглощать влагу и тонуть. Это объясняется поверхностным натяжением.

Равнодействующая сил, действующих на молекулу, расположенную на поверхности жидкости, направлена внутрь жидкости перпендикулярно к ее поверхности. Молекулы, находящиеся на поверхности, стремятся уйти в нижележащие слои, а для перевода молекул на поверхность необходимо затратить определенную работу. Эта работа запасается в поверхностном слое в виде избыточной свободной энергии его молекул.

Этим обстоятельством объясняется и то, почему капля жидкости в свободном состоянии стремится принять форму шара, так как из всех тел равного объема шар имеет наименьшую поверхность, и, таким образом, шарообразная капля будет обладать наименьшим избытком свободной энергии.

При несмачивании соприкосновение капли с плоской поверхностью ограничивается одной точкой. Если мы понизим поверхностное натяжение, то тем самым увеличим площадь ее соприкосновения с поверхностью, т. е. улучшим смачивание. Но снижение поверхностного натяжения является необходимым, но недостаточным условием для получения хорошего смачивающего эффекта.

Получение хорошего смачивающего эффекта достигается подбором родственного со смачиваемой поверхностью поверхностно-активного вещества.

Как указывалось выше, поверхностно-активные вещества в основном состоят из полярной и неполярной групп. При адсорбции они располагаются определенным образом относительно смачиваемой поверхности. В результате подобной ориентации молекулы проникают в поры вещества и хорошо смачивают ее.

Одно поверхностное натяжение еще в недостаточной степени характеризует смачивающую способность поверхностно-активных веществ. Так, например, поверхностное натяжение таких веществ, как  $1\%$ -ные растворы некаля, «Прогресса» и алкилоламидов, равно  $34,7 \text{ эрг/см}^2$ , а смачивающая способность, определяемая по методу ЦНИИПО, для этих же растворов соответственно равна 2,4; 9,8 и 30,6 сек.

Этот пример указывает на то, что для полной характеристики подобных веществ в качестве смачивателей необходимо знать, насколько быстро раствор может смочить вещество. Обычно для этого определяется концентрационная зависимость смачивающей способности относительно определяемой поверхности.

При нанесении жидкости на поверхность нерастворимого в ней твердого тела между молекулами обеих фаз проявляются силы межмолекулярного взаимодействия.

Рассмотрим действие этих сил на примере системы твердое тело — жидкость — газ (рис. 8).

В этой системе имеются три поверхности раздела фаз. Поверхность жидкость — газ, которая стремится сократить до минимума свою площадь. Это проявляется в действии силы, направленной тангенциально к поверхности жидкости — газ и выражаемой вектором  $X_r$ .

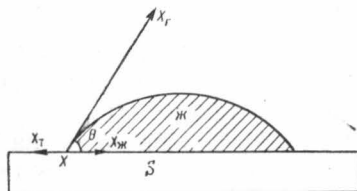


Рис. 8. Схема взаимодействия межмолекулярных сил в системе твердое тело — жидкость — газ

На плоскости твердого тела существуют две поверхности раздела фаз: твердое тело — жидкость, которая стремится к уменьшению и проявляется в действии силы  $X_{ж}$ , действующей параллельно твердой поверхности, и твердое тело — газ. Сила, действующая вдоль этой поверхности, мала, чтобы вызвать сокращение твердой поверхности.

Вектор  $X_t$  соответствует поверхностной энергии границы твердое тело — воздух ( $\sigma_{т.г}$ ), под влиянием действия этой силы жидкость растекается по поверхности твердого тела. При прекращении растекания система приходит в равновесие, т. е.

$$X_{ж} + X_t = 0.$$

В этот момент капля образует краевой угол  $\Theta$  между касательной в точке  $X$  и поверхностью твердое тело — жидкость (этот угол условно измеряется внутри жидкой фазы).

Работа адгезии (прилипания) для данной системы может быть выражена следующим уравнением:

$$W_{т.ж} = \sigma_{т.г} + \sigma_{ж.г} - \sigma_{т.ж},$$

отсюда

$$\sigma_{т.г} = \sigma_{т.ж} + \sigma_{ж.г} \cos \Theta.$$

Решая оба уравнения, получим

$$W_{т.ж} = \sigma_{ж.г} (1 + \cos \Theta).$$



Краевой угол является величиной, характеризующей смачивание и растекание. При смачивании жидкостью твердого тела происходит тесное взаимодействие между ними, и краевой угол является мерой интенсивности этого взаимодействия. Рассматривая полученное уравнение, мы видим, что полное смачивание наступает при нулевом значении краевого угла. При значениях  $\theta > 0$  происходит неполное смачивание. Если  $\theta > 90^\circ$ , то говорят о плохом смачивании твердого тела. При значении краевого угла, близкого к  $180^\circ$ , можно говорить, что жидкость не смачивает твердое тело.

Непосредственное измерение краевых углов является довольно сложным делом. Обычно измерение проводится на специальных приборах.

Капля, помещаемая на поверхность с помощью подсвечивания и ряда линз, проектируется на матовое стекло, на котором измеряется краевой угол смачивания.

Более простым способом изменения краевого угла является метод наклонной пластинки (рис. 9).

Пластинка исследуемого материала погружается в жидкость и наклоняется до тех пор, пока уровень жидкости по линии контакта ее с пластинкой не станет горизонтален. В этом случае угол  $\theta$  и будет краевым углом смачивания. Измерить краевой угол можно также при рассмотрении капли исследуемого раствора на твердой поверхности под микроскопом.

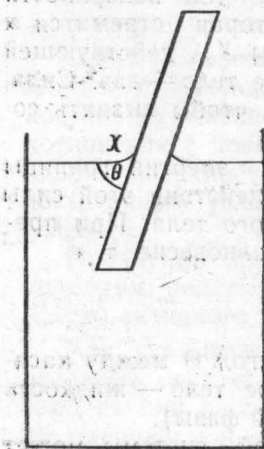


Рис. 9. Измерение краевого угла методом наклонной пластинки

Однако подобные измерения, за исключением проведенных на специальных приборах, являются мало приемлемыми. Одной из главных трудностей в измерениях краевых углов является плохая воспроизводимость результатов.

Для практического определения смачивания различных растворов обычно пользуются способностью этих растворов проникать в то или иное твердое тело. Существует целый ряд технических методов подобной оценки. Более подробно рассмотрим два из них: метод ВНИИХП и метод ЦНИИПО.

**Определение смачивающей способности по методу ВНИИХП.** Хлопчатобумажную нить (№ 40/2) длиной 2 м наматывают на стеклянную пробирку диаметром 15 мм.

Намотанную кружком нить кладут между двумя стеклами и выдерживают под грузом 16—17 ч. Полученное кольцо из пряжи подвешивают за крючок из тонкой проволоки весом 0,05 г.

Крючок из капроновой нити длиной 2—2,5 см крепится к грузу весом 2 г и погружается в 200 см<sup>3</sup> раствора предварительно налитого в стакан высотой 12 см и диаметром 6 см (рис. 10). Необходимо определить время с начала погружения кольца до момента, когда оно, поглотив раствор, тонет под действием собственного веса.

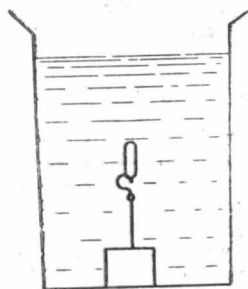


Рис. 10. Определение смачивающей способности по методу ВНИИХП

При определении смачивающей способности по методу ВНИИХП наиболее эффективными считаются растворы, в которых кольцо погружается в течение 2—3 сек.

Однако применение подобного метода является довольно трудоемким делом, в особенности при проведении большого количества определений — получаемые результаты не всегда имеют хорошую воспроизводимость.

**Определение смачивающей способности по методу ЦНИИПО.** Рабочие концентрации растворов смачивателей определяют на приборе (рис. 11), представляющем собой металлический фильтр, состоящий из двух половин, скрепляемых тремя зажимами.

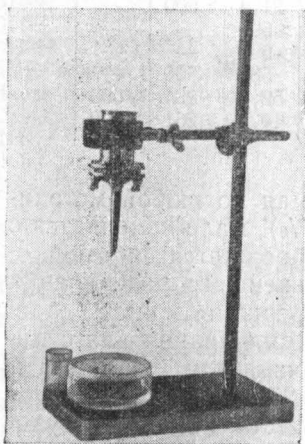


Рис. 11. Прибор для измерения смачивающей способности по методу ЦНИИПО

Между частями фильтра закладывается слой суровой саржи (артикул 1122) в виде круга диаметром 34 мм.

Для определения рабочей концентрации смачивателя готовят ряд его водных растворов, начиная с 8 и до 0,0625%, постепенно разбавляя его в два раза (если вещество растворимо в меньших концентрациях, то берут предельно допустимую). Заранее вырезанный образец ткани кладут на фильтр и по направляющим прижимают цилиндрической частью фильтра, после чего прибор крепится в штативе.

Отмеривают пипеткой 10 см<sup>3</sup> исследуемого раствора и наливают в небольшой бюкс.

Быстро выливают приготовленный раствор смачивателя в цилиндрическую часть над тканью и определяют время, прошедшее до появления первой капли, которое характеризует смачивающую способность. Оптимальной величиной времени смачивания считается 7—9 сек.

Применив эту методику, авторы проверили смачивающую способность растворов ряда веществ при различной концентрации, данные о которых приведены в табл. 4.

Поверхностно-активные вещества	Концентрация в % по весу					
	Время смачивания в сек					
	2	1	0,5	0,25	0,125	0,0625
Сульфол НП-1 . . . . .	1,8	2,6	4,6	9,8	32,6	>600
Сульфол НП-5 . . . . .	1,9	3,3	8,2	63	400	>600
Сульфол Б . . . . .	6,4	8,6	16	34	140	>600
Сульфат из керосина (партия № 126)	3,5	3,7	6	11	28	93
Сульфат из синтина (партия № 300)	—	2	2,5	4	12,5	46
Эмульгатор ОП-4 . . . . .	6,6	16	38	—	180	>600
Вспомогательное вещество ОП-7 . . . . .	16	23,4	34	67,5	135	425
Вспомогательное вещество ОП-10 . . . . .	33	39	57,5	123	147	>600
Смачиватель ДБ . . . . .	—	2	3,2	5,6	12,6	63,6
Синтол . . . . .	6,6	9,9	19,3	54,6	286	>600
„Прогресс“ . . . . .	4,9	9,8	38,2	600	—	—
Очищенные алкилсульфаты вторичных спиртов . . . . .	6,8	10,2	31	49,6	>600	—
Паста из вторых неомыляемых . . . . .	11,5	32,0	57,6	378	>600	—
ДНС . . . . .	14,8	34,6	142	270	>600	—
ДНС (водорастворимый) . . . . .	7,6	12,8	37,7	340	>600	—
Сульфированные алкиламиды . . . . .	17,4	30,6	75,2	525	>600	—
Препарат ОС-20 . . . . .	403	422	430	>600	—	—
Некаль (НБ) . . . . .	1,8	2,4	21,4	>600	—	—
Детергент РАС натриевый . . . . .	6,2	23,6	>600	—	—	—
Пенообразователь ПО-1 . . . . .	19,5	140	>600	—	—	—
Мылонафт . . . . .	4,5	14,3	580	>600	—	—
Порошок „Новость С“ . . . . .	10,5	23,0	52,0	184	>600	—
Порошок „Астра“ . . . . .	9,5	23,0	44,0	261	>600	—

Смачивающая способность, определяемая по любой методике в области больших концентраций (1—80%), мало изменяется с разбавлением раствора и на графике изображается прямой с небольшим углом наклона. По мере дальнейшего разбавления скорость смачивания резко замедляется. Вершина кривой, соответствующая резкому изменению времени смачивания для сульфолов НП-1 и НП-5, сульфатов, смачивателя ДБ лежит в области малых концентраций (порядка 0,25%) и соответствует малому времени смачивания. У таких веществ, как ДНС, сульфированные алкилоламыды, стиральные порошки, вершина кривой лежит в области больших концентраций и соответствует большему времени смачивания.

При выборе оптимальной концентрации водного раствора смачивателя необходимо иметь в виду, что поверхностное натяжение его не должно превышать  $37 \text{ эрг/см}^2$ , а смачивающая способность должна быть такой, чтобы обеспечивалось минимальное время смачивания образца ткани (около 9 сек).

Если принять оптимальное время смачивания 7 сек, то получим для каждого вещества свою определенную оптимальную концентрацию, которая рекомендуется в соответствии с прове-

денными испытаниями в качестве огнегасительной концентрации растворов смачивателей.

Оптимальные концентрации, полученные на основе испытаний в лабораториях, в ряде случаев, на полигонах и на пожарах для исследованных веществ приводятся в табл. 5.

Таблица 5

Поверхностно-активное вещество	Концентрация в % по весу	Сравнительная оценка смачивателей
Сульфонат из синтина (партия № 300) . . . . .	0,15	1
Смачиватель ДБ . . . . .	0,2	1,3
Сульфонол НП-1 . . . . .	0,3	2
Сульфонол НП-5 . . . . .	0,4	2,7
Сульфонат из керосина (партия № 126) . . . . .	0,4	2,7
Некаль (НБ) . . . . .	0,75	5
„Прогресс“ . . . . .	1,5	10
Синтол . . . . .	1,5	10
Мылонафт . . . . .	1,5	10
Сульфонол Б . . . . .	1,6	10,7
Детергент РАС натриевый . . . . .	1,75	11,7
Очищенные алкилсульфаты вторичных спиртов . . . . .	1,85	12,3
ОП-4 . . . . .	2	13,3
ОП-7 . . . . .	2	13,3
ОП-10 . . . . .	2	13,3
ДНС водорастворимый . . . . .	2	13,3
Паста из вторых неомыляемых . . . . .	2,5	16,7
Сульфированные алкилоламыды . . . . .	3	20
ДНС . . . . .	3,5	23,4
ПО-1 . . . . .	4	26,6

Необходимо учитывать, что приведенные данные являются ориентировочными и в каждом конкретном случае должны дополнительно уточняться.

Исходя из технико-экономических соображений целесообразно для тушения применять такие вещества, как сульфонаты, сульфонолы, смачиватель ДБ и некаль.

В тесной связи со смачивающей способностью находится скорость растекания раствора по поверхности вещества, что, как известно, оказывает существенное действие на эффективность тушения.

Опыты показали, что скорость растекания зависит от концентрации смачивателя в растворе: чем она выше, тем больше скорость растекания. При этом для каждого вещества существует присущая ему концентрация смачивателя, при которой раствор растекается с наибольшей скоростью.

Это положение указывает на целесообразность в пожарных частях, где растворы смачивателей предназначаются для тушения определенного материала, применять концентрации иные.

чем оптимальные. Так, например, 1%-ный раствор сульфоната проникает в глубину кипы хлопка в 15 раз быстрее, чем раствор оптимальной концентрации.

Поэтому в пожарных частях, охраняющих заводы по переработке хлопка и склады хлопка, могут применяться растворы смачивателей с концентрацией выше оптимальной.

Опыты также показали, что скорость растекания растворов смачивателей значительно выше, чем у воды. Так, 0,2%-ный раствор сульфоната (партия 312) при температуре 20°C растекается по поверхности древесины (сосна) в 100 раз быстрее, чем вода. С повышением температуры древесины (до 80°C) это соотношение уменьшается до 11, а в процессе горения, вероятно, составляет 3—4.

Более высокая скорость растекания растворов смачивателей по сравнению с водой определяет и более высокую скорость охлаждения ими горящих веществ. В этом и заключается одна из основных причин уменьшения времени тушения и интенсивности подачи при тушении растворами смачивателей.

### ПЕНООБРАЗУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Одним из типичных свойств поверхностно-активных веществ является их способность образовывать в растворах пену.

Пена представляет собой более или менее стойкую сотовую структуру, состоящую из воздушных ячеек, отделенных друг от друга тонкими пленками жидкости.

При смешении растворов поверхностно-активных веществ с воздухом, которое может быть в результате механического перемешивания или продувания воздуха через раствор смачивателя, в зависимости от структуры поверхностно-активного вещества и его концентрации в растворе образуется то или иное количество пены.

Подавая раствор смачивателей через пенные стволы, наряду с компактной или распыленной струями можно получать пену различной степени устойчивости.

Для оценки способности данного раствора к пенообразованию исследуют различные свойства пены, например: размеры пузырьков, кратность и устойчивость пены.

Наиболее общепринятыми свойствами пены для оценки их качества является кратность и устойчивость.

Кратность определяется как отношение объема полученной пены к объему жидкости, взятой для ее получения.

Стойкость пены определяется обычно одним из двух методов: либо как скорость разрушения определенного объема пены, либо как скорость обезвоживания пены.

В первом случае за меру устойчивости в соответствии с ГОСТ 6948—54 берется время разрушения 20% первоначально

полученного объема, а во втором — время выделения 50% жидкости, затраченной для ее получения (ГОСТ 9603—61).

Способы получения пены при этом отличаются друг от друга. В соответствии с ГОСТ 6948—54 пена получается в стеклянном литровом цилиндре диаметром 60 мм, закрываемом пробкой.

Для получения пены 100 см<sup>3</sup> исследуемого раствора заливают в цилиндр. Закрывают его и, взяв цилиндр с торцов, начинают

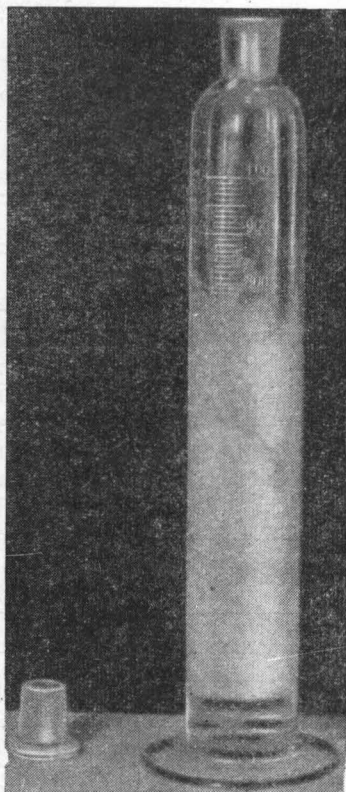


Рис. 12. Определение устойчивости и кратности пены по ГОСТ 6948—54

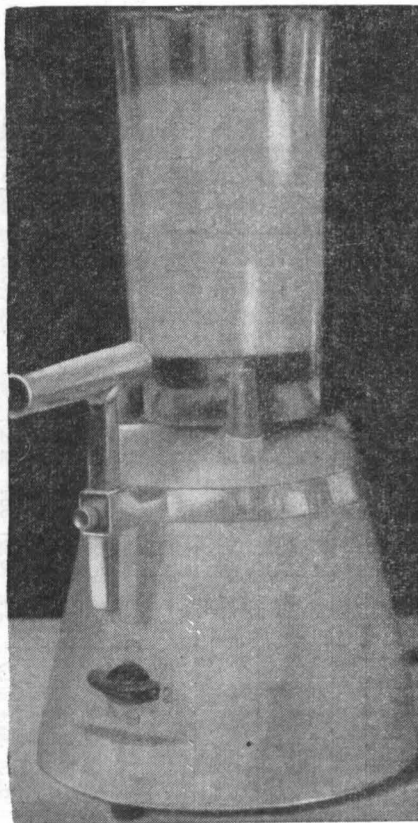


Рис. 13. Прибор для определения кратности и устойчивости пены по ГОСТ 9603—61

энергично встряхивать в течение 30 сек, после чего ставят цилиндр на стол, открывают пробку и, измерив кратность пены, наблюдают за ее устойчивостью (рис. 12).

По ГОСТ 9603—61 пену получают с помощью прибора «Размельчитель тканей» (рис. 13).

Пенообразующая способность по ГОСТ

Вещество	2 %		1 %		0,5 %		0,25 %		0,125 %											
	Кратность	Стоимость в мин	Кратность	Стоимость в сек	Кратность	Стоимость в мин	Кратность	Стоимость в мин	Кратность	Стоимость в сек										
											Кратность	Стоимость в сек	Кратность	Стоимость в мин	Кратность	Стоимость в сек				
Кратность	Стоимость в мин	Кратность	Стоимость в сек	Кратность	Стоимость в мин	Кратность	Стоимость в мин	Кратность	Стоимость в сек	Кратность	Стоимость в мин									
Сульфол НП-1 . . . . .	13	20	6,5	360	13	24	6	357	13	25	6	357	11,5	40	6	360	9	60	5,5	320
Сульфол НП-5 . . . . .	13	11	6	348	13	11	6	352	13	13	6	353	8	20	6	347	5	60	5,5	280
Сульфол (Б)	13	9	6	341	13	11	6	346	13	14	5,75	349	10	40	5,5	354	7	60	4,5	257
Сульфонаг . . . . .	13	10	6	362	13	10	6	370	12	18	6	363	10,5	49	6	355	8	85	5,5	350
ОП-7 . . . . .	5,2	18	4	155	4,3	28	3,5	110	3,2	60	3	84	—	—	2,9	63	—	—	—	—
ДБ . . . . .	10	7	3,8	122	5	27	3,4	93	4	33	2,8	24	3,3	48	—	—	2,7	—	—	—
Смачиватель "Прогресс" . . . . .	13	—	7	277	11	20	6,9	285	10	37	6,3	276	8	60	5	211	5	60	3,2	77
Некаль (Б) . . . . .	13	4	7,2	262	13	5	7	270	13	5	5,8	238	7	7	4	135	4	8	3,5	77

Для получения пены заливают в стакан 100 см<sup>3</sup> раствора и поворотом регулятора приводят лопасти во вращение со скоростью 4000 об/мин. Время получения пены — 30 сек. По истечении его наблюдают за скоростью выделения жидкости из пены.

Испытания пенообразующей способности ряда поверхностно-активных веществ, проведенные с помощью этих двух методов, показали (табл. 6), что смачиватели, как правило, обладают высокой пенообразующей способностью и хорошей устойчивостью пены даже при довольно малых концентрациях (0,5—0,25%).

Это говорит о том, что в ряде случаев, смотря по обстановке, целесообразно подавать растворы смачивателей через воздушнопенные стволы для тушения твердых веществ.

### Глава III. ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ РАСТВОРАМИ СМАЧИВАТЕЛЕЙ

#### ОПЫТЫ ПО ТУШЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ И ЗДАНИЙ РАСТВОРАМИ СМАЧИВАТЕЛЕЙ

Исследовательские работы по изучению возможности повышения огнегасительной эффективности воды путем введения в нее поверхностно-активных веществ ведутся сравнительно давно. Большую работу в этом направлении провел Ленинградский институт лесного хозяйства. В результате были определены расходы жидкости для тушения материалов при лесном пожаре. При испытании 0,3% раствора сульфанола НП-1 расход воды для тушения ряда веществ уменьшается в пределах 50—33%. Данные, полученные для ряда веществ, приведены в табл. 7.

Таблица 7

Материал	Расход жидкости в л		Экономия в % по весу к расходу воды
	вода	0,3 %-ный водный раствор НП-1	
Подстилка . . . . .	0,8	0,4	50
Торф . . . . .	1	0,5	50
Сфанговый мох . . . . .	0,5	0,3	40
Зеленый мох . . . . .	1,4	0,8	38
Древесина . . . . .	0,3	0,2	33

Аналогичные испытания проводили и для других поверхностно-активных веществ. Было показано, что в зависимости от концентрации практически все поверхностно-активные вещества могут быть применены для тушения лесных пожаров.



Эксплуатационные испытания смачивателей, проведенные в реальных условиях, показали, что сгораемый покров быстро пропитывается влагой, исчезает дымообразование. На политых смачивателем участках повторное загорание, как правило, не наблюдалось. Применение смачивателей позволяло до 50% увеличить длину заградительной полосы перед фронтом пожара. На 13—15% сокращало время, затрачиваемое для тушения.

В 1957 г. ЦНИИПО провел серию испытаний по тушению горящего хлопка растворами ДБ и керосинового контакта.

Было установлено, что потушить хлопок водой не удается, так как вода не смачивает его и стекает с поверхности.

Растворы же смачивателей ликвидируют горение. Правда, в отдельных случаях остаются небольшие медленно тлеющие очаги. Тушение достигается за счет полного смачивания всей толщи хлопка. При этом отмечается, что 1 л раствора смачивателя надежно тушит 3 дцм<sup>3</sup> горящего хлопка, т. е. расход жидкости составляет порядка 33% по объему тушащего хлопка. Такой большой расход жидкости объясняется тем, что в порах хлопка удерживается большое количество жидкости, передача которой от слоя к слою происходит лишь после их насыщения.

В 1958 г. ЦНИИПО были проведены испытания по тушению ряда веществ водой и водными растворами смачивателей. В качестве последних были применены 3,7%-ный раствор ПО-1 и 3,4%-ный раствор контакта Петрова. Необходимо отметить, что для этих веществ огнегасительные концентрации были взяты несколько заниженными. Но несмотря на это при тушении 1000 кг текстолита с удельной загрузкой 100 кг/м<sup>2</sup> было снижено время тушения по сравнению с временем тушения водой.

При тушении резины (автомобильных шин) с удельной загрузкой 100 кг/м<sup>2</sup> растворы ПО-1 и смачивателя ДБ также дали хорошие результаты. Тушение шин осуществлялось при интенсивности подачи огнегасительных средств в пределах 0,14—0,15 л/сек · м<sup>2</sup>. Вода и растворы смачивателей подавались через дренчеры.

Очень хорошие результаты были получены при применении смачивателя ДБ. Время тушения в этих опытах уменьшалось в 1,7 раза по сравнению с тушением водой. Соответственно этому было затрачено и меньшее количество раствора. Если для тушения водой потребовалось израсходовать 1087 л, то, добавив к воде 2% смачивателя ДБ, получили тот же эффект, затратив на тушение всего 666 л раствора. Используя 4%-ный раствор пенообразователя ПО-1, в аналогичных условиях затратили 806 л раствора.

В 1962 г. при тушении пожаров жилых зданий был испытан 0,4%-ный раствор сульфонола НП-1. Опыты проводились на двухэтажных бревенчатых домах, обшитых тесом. Кровля рулонная, сгораемая.

В момент поджога здания не имели оконных рам, дверных полотнищ, а в некоторых местах — полов. Перед поджогом дома были облиты бензином.

Раствор смачивателя был заранее залит в емкость автоцистерны. Первое здание (рис. 14) имело общую площадь  $200 \text{ м}^2$ , а комнаты, в которых поджигали, —  $15 \text{ м}^2$ . Время свободного горения составило  $10 \text{ мин}$ . В комнате горение было ликвидировано за  $32 \text{ сек}$ , а на остальной площади первого этажа — за  $280 \text{ сек}$ . Для тушения было израсходовано соответственно  $110$  и  $1400 \text{ л}$  раствора. Интенсивность подачи раствора при тушении составила: для комнаты —  $0,226 \text{ л/м}^2 \cdot \text{сек}$ , для остальной площади —  $0,027 \text{ л/м}^2 \cdot \text{сек}$ .

Второй опыт проводили во втором здании. После поджога оно также горело в течение  $10 \text{ мин}$ . К моменту ввода в действие первого ствола с раствором НП-1 здание было полностью охвачено огнем.

Тушили в два этапа. Вначале горение было локализовано на первом этаже. После чего был подан ствол РСБ на второй этаж с помощью трехколенной лестницы. На тушение было израсходовано  $1360 \text{ л}$  раствора; время тушения —  $6 \text{ мин } 40 \text{ сек}$ . Интенсивность подачи раствора составляла  $0,034 \text{ л/м}^2 \cdot \text{сек}$ .

Минимальная интенсивность подачи воды для тушения пожаров древесины, по данным ЦНИИПО (табл. 2), составляет  $0,06 \text{ л/м}^2 \cdot \text{сек}$ . Сравнивая интенсивность, полученную при опытно-тушении, мы видим, что она в два раза меньше рекомендуемой.

В дальнейшем для накопления данных по интенсивности подачи растворов смачивателей ЦНИИПО совместно с факультетом инженеров противопожарной техники и безопасности ВШ МООП РСФСР провели опыты по тушению древесины в специальной камере, установленной на весах. В качестве смачивателя применялся  $0,2\%$ -ный раствор сульфоната. Древесина бралась в виде реек, сложенных в клетку размером  $0,8 \times 0,8 \times 0,8 \text{ м}$ . Удельная загрузка составляла  $50\text{--}55 \text{ кг/м}^2$ . Усредненные результаты опытов по тушению древесины водой и смачивателем приведены в табл. 8.

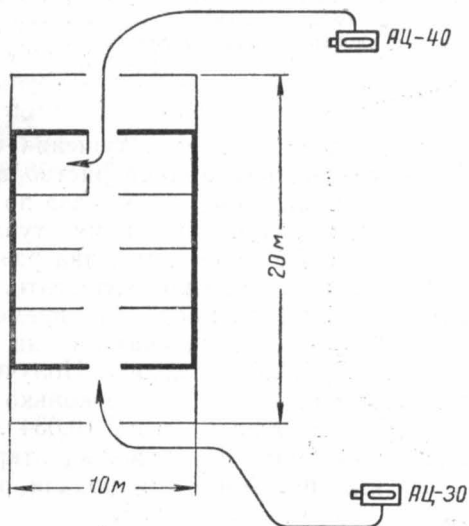


Рис. 14. Схема тушения опытного пожара

Измеряемые величины	Тушение	
	водой	0,2 %-ным раствором сульфоната
Время тушения в сек . . . . .	206	90
Общий расход воды в л . . . . .	16	3,6
Избыток воды на дне камеры в л . . . . .	1,9	0
Удельный расход в л/м <sup>2</sup> . . . . .	25	5,6
Интенсивность подачи в л/м <sup>2</sup> ·сек . . . . .	0,12	0,06

Результаты опытного тушения наглядно указывают на то, что интенсивность подачи раствора смачивателя для тушения древесины снижается в два раза по сравнению с интенсивностью подачи воды. При этом время тушения раствором смачивателя уменьшается больше чем в два раза ( $206 : 90 = 2,28$  раза).

Следовательно, если допустить, что интенсивность подачи изменяется пропорционально времени тушения, интенсивность подачи раствора смачивателя на тушение древесины была  $0,06 : 2,28 = 0,026$  л/сек · м<sup>2</sup>). Полученная интенсивность подачи при тушении древесины несколько ниже интенсивности подачи при тушении жилого дома ( $0,034$  л/сек · м<sup>2</sup>), что дает возможность принимать для тушения открытых поверхностей горячей древесины интенсивность подачи раствора смачивателя в пределах  $0,03—0,034$  л/сек · м<sup>2</sup>.

Увеличение коэффициента полезного действия воды при добавлении к ней небольших количеств поверхностно-активных веществ позволяет применять подобные растворы в качестве зарядов огнетушителей.

В 1957 г. в ЦНИИПО была разработана конструкция огнетушителя ОЖС, в котором в качестве заряда применялся 4—5%-ный раствор пенообразователя ПО-1 либо 2%-ный раствор смачивателя ДБ.

На основе «Инструкции по приемке, зарядке и эксплуатации ручных химических пенных огнетушителей» также рекомендуется взамен пенных зарядов использовать растворы смачивателей.

В этом случае щелочная часть водного заряда огнетушителя ОП-5 состоит из 200 г бикарбоната натрия и 43 г смачивателя ОП-7 (либо другого поверхностно-активного вещества). Кислотная часть заряда состоит из 160 см<sup>3</sup> технической серной кислоты с удельным весом 1,42 г/см<sup>3</sup>. При зарядке огнетушителя бикарбонат натрия и смачиватель растворяются в 8,5 л воды. Серная кислота заливается в кислотный стакан.

При отсутствии бикарбоната натрия можно использовать щелочную часть заряда огнетушителя ОП-5 (400 г двууглекис-

лого натрия и 50 г солодкового экстракта), причем одним зарядом заряжаются два огнетушителя ОП-5 или четыре огнетушителя ОП-4.

В ЦНИИПО были проведены сравнительные испытания огнетушителя ОП-5, ОУБ-7 и огнетушителя со смачивателем. С целью унификации конструкций для зарядки смачивателя использовался корпус огнетушителя ОУБ-7 без каких-либо переделок. Лишь для увеличения времени срабатывания на выходное отверстие навинчивался спрыск меньшего диаметра. Заряд из огнетушителя выбрасывался воздухом, сжатым до 10 атм. Зарядом огнетушителя служил 10%-ный раствор сульфоната. Однако он может быть заменен и другим поверхностно-активным веществом, взятым в соответствующей концентрации.

До начала огневых испытаний была проведена проверка тактико-технических данных огнетушителей (табл. 9).

Таблица 9

Показатели	Огнетушитель		
	ОП-5	ОУБ-7	со смачивателем
Вес корпуса в кг . . . . .	4,5	6	6
Объем корпуса в л . . . . .	9,5	7	7
Объем заряда огнетушителя в л . . . . .	9,15	5,6	5
Вес заряда огнетушителя в кг . . . . .	9,2	8	5
Вес заряженного огнетушителя в кг . . . . .	13,7	14	11
Количество полученной пены в л . . . . .	40	—	23
Кратность пены . . . . .	4,5	—	4,6
Стойкость пены в мин . . . . .	25	—	1,5
Длина струи в м . . . . .	До 8	До 5	До 8
Форма струи . . . . .	Компактная	Распыленная	Компактная
Время действия огнетушителя в сек . . . . .	60	40	30

Показатели, приведенные в таблице, в достаточной степени характеризуют каждый вид огнетушителя. Достоинством огнетушителя ОП-5 следует считать получение большого количества пены, которая обладает высокой стойкостью. Огнетушитель со смачивателем обладает наименьшим весом из всех трех типов огнетушителей, а предполагаемая стоимость его заряда во много раз меньше, чем стоимость зарядов ОП-5 и ОУБ-7. Кроме того, раствор, выбрасываемый из огнетушителя, обладает хорошей смачивающей способностью.

Для более объективной характеристики рассматриваемых огнетушителей было предусмотрено тушение семи объектов. В качестве горючих веществ были испытаны: древесина, хлопок, тряпки, керосин с песком, бензин, керосин в емкости и дизельное топливо.

При проведении опытов было предусмотрено горение:

а) костра размерами  $0,75 \times 0,75 \times 1,0$  м, сложенного из деревянных реек. Под костром устанавливался противень размером  $0,35 \times 0,35$  м с 1 л керосина для поджога. Свободное горение костра до начала тушения составляло 4 мин;

б) деревянной будки с односкатной крышей, размеры пола которой составляли  $1,5 \times 1,5$  м, а высота по большому скату равнялась 2,25 м. Будка имела отверстия для двери и окна. На полу будки были размещены 5 кг опилок, 2 кг тряпок и деревянный ящик  $0,7 \times 0,7 \times 0,7$  м. Для поджога содержимое внутри будки обливалось 0,5 л керосина. Тушение начиналось спустя 4 мин после начала горения. Положительным результатом считалось полное сбитие пламени;

в) хлопка и тряпок общим весом 15 кг на площади в  $1$  м<sup>2</sup>, смоченных 1 л керосина. Тушение начиналось через 3 мин после начала горения;

г) керосина в противне площадью  $0,5$  м<sup>2</sup> при высоте свободного борта 15 см. Огнетушитель вводился в действие через 3 мин после начала горения;

д) бензина в тех же условиях. Тушение начиналось через 1,5 мин после воспламенения;

е) дизельного топлива, залитого в аналогичный противень. До ввода в действие огнетушителя горело 3 мин;

ж) пяти литров керосина, залитого в противень размерами  $1,0 \times 1,0 \times 0,1$  м, на дне которого находился слой песка в 5 см. Тушение начиналось через 30 сек после охвата пламенем всей поверхности.

Во всех случаях при отсутствии положительного эффекта при тушении одним огнетушителем в действие вводились другие.

Результаты тушения испытываемыми огнетушителями приведены в табл. 10.

Как видно из таблицы, очень сложным оказалось тушить деревянную будку. Для ее тушения потребовалось израсходовать два огнетушителя ОП-5 и два огнетушителя со смачивателем. При применении ОУБ-7 положительного результата достичь не удалось. Огнетушитель со смачивателем успешно потушил костер в форме штабеля. Из горючих жидкостей раствором смачивателя полностью было потушено дизельное топливо. Для тушения керосина пришлось ввести в действие второй огнетушитель. Горение же бензина ликвидировать не удалось.

Испытания, проводившиеся ЦНИИПО, показали, что огнетушитель, заряженный раствором смачивателя, может применяться для тушения пожаров практически любых веществ за исключением бензина. Учитывая, что попадание водного раствора смачивателя на тело человека и его одежду не оказывает никакого вредного действия, а также низкую стоимость заряда, можно предположить, что огнетушители, заряженные водным

Таблица 10

Регистрируемые моменты	Огнетушители и объект тушения																	
	Костер		Тряпки и хлопок		Дизельное топливо		Керосин		Бензин		Керосин на песке		Будка					
	ОП-5	7 ОУБ-	ОП-5	7 ОУБ-	ОП-5	7 ОУБ-	ОП-5	7 ОУБ-	ОП-5	7 ОУБ-	ОП-5	7 ОУБ-	ОП-5	7 ОУБ-				
Продолжительность свободного горения в мин . . . .	4		3		3		3		1,5		0,5		4					
Время, за которое сбито пламя, в сек	30	—	20	10	25	30	25	35	50	40	70	15	10	15	70	—	45	
Общая продолжительность тушения в сек	120	—	60	120	—	60	30	40	55	45	75	20	15	20	120	—	60	
Результат тушения и количество примененных огнетушителей	2	Не потушено	2	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2	2	4	Не потушено

раствором смачивателя, найдут широкое применение для тушения первичных загораний в жилых и административных зданиях, в сельском хозяйстве и на ряде промышленных предприятий.

В последнее время за границей применение смачивателей для тушения находит широкое распространение. В США, например, для тушения бумаги, угля, торфа, древесины, саж и других материалов 1%-ными растворами смачивателей в качестве добавки в основном применялись сульфанола, получаемые в результате реакции сульфохлорирования. Отмечалось также, что во всех случаях в несколько раз сокращалось потребное количество воды, уменьшалось дымообразование, в меньшей степени подвергались порче материалы (мебель, одежда, книги и т. п.). Пожарными работниками Канады были проведены опыты по тушению пожаров со смачивателями, в частности прессованной пшеничной соломы. При проведении этих опытов измерялось количество раствора, поглощаемого соломой при тушении. Результаты показали, что солома поглощает в два раза больше раствора смачивателя, чем воды.

При распаковке тюков после тушения было видно, что солома, обработанная водой, внутри тюка была почти сухая, потухшая же смачивателем была вся смочена раствором.

Таким образом, эти опыты показали довольно высокую эффективность применения растворов смачивателей для тушения.

#### **ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ СМАЧИВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ГАРНИЗОНАХ**

Впервые раствор смачивателя для тушения был применен в 1960 г. гарнизоном пожарной охраны г. Уфы. Растворив в предварительно подогретой до 50°С воде и тщательно перемешав рабочий раствор смачивателя, ОП-7 сливали в емкости автоцистерн. Концентрация рабочего раствора была принята 1,5%.

Пожарные части, на вооружении которых находились автоцистерны с раствором смачивателя, применяли его для тушения пожаров как внутри помещений, так и на открытой местности. Горючими веществами на этих пожарах были главным образом целлюлозные материалы (древесина, ткани и др.).

При тушении раствором смачивателя быстро прекращали горение пламени и тление. При этом значительно уменьшался расход воды на тушение. Так, при пожаре в жилой квартире огнем была охвачена комната площадью 22 м<sup>2</sup>. Тушили 1,5%-ным раствором смачивателя ОП-7. После введения одного ствола РС-Б горение было ликвидировано через 3—4 мин. После того как огонь был сбит, диван, ковры, постель и деревянные конструкции даже не тлели.

В другом случае при пожаре на чердаке деревянного здания огнем была охвачена площадь в  $170 \text{ м}^2$ . После подачи от автоцистерны с раствором смачивателя двух стволов РС-Б горение было ликвидировано.

Особенно эффективным было применение раствора смачивателя ОП-7 при тушении деревянного здания. Оно снаружи несколько раз окрашивалось масляными красками, поэтому слой ее достигал толщины в среднем  $5-7 \text{ мм}$ . Ко времени прибытия пожарных частей здание было полностью охвачено огнем. Тушили как раствором смачивателя, так и водой.

Вначале тушили в основном с помощью автоцистерны. Часть здания, на котором применяли раствор смачивателя, несмотря на открытый пожар, сохранилась, а там где применяли воду, строительные конструкции получили значительно большие повреждения.

В 1961 г. четыре пожарные части, расположенные в центральных районах Ленинграда, стали применять для тушения раствор смачивателя. В качестве рабочего раствора был применен  $0,3\%$ -ный раствор сульфонола НП-1. Его приготавливали двумя способами: в отдельной емкости с последующей заливкой в автоцистерну, а также засыпкой порошка сульфонола НП-1 в цистерну с последующим включением на  $2-3 \text{ мин}$  насоса для перемешивания его. Последний способ приготовления рабочего раствора оказался наиболее приемлемым.

Для обобщения результатов тушения раствором смачивателя были разработаны учетные карточки, в которых отмечалось, что горело и на какой площади, тип применявшегося ствола, продолжительность тушения и эффективность, количество израсходованного раствора, напор на насосе, длина рукавной линии и высота подачи ствола. Заполненные учетные карточки представлялись в пожарно-испытательную станцию для обработки и обобщения.

В результате тушения пожаров установлена высокая огнегасительная эффективность водного раствора сульфонола НП-1. Этим раствором тушили пожары в жилых домах, складских помещениях, производственных помещениях, на специальных установках, в сараях для дров. Особенно высокая эффективность была достигнута при тушении волокнистых материалов (кип, хлопка, ваты).

Так, на галантерейно-трикотажной фабрике ко времени прибытия пожарных частей под навесом на площади около  $70 \text{ м}^2$  горела тюфячная вата в кипах. Для тушения водой было необходимо разобрать каждую кипу. По дополнительному вызову к месту пожара прибыла автоцистерна, заправленная водным раствором сульфонола НП-1. Применив ствол РС-Б, отделение автоцистерны полностью ликвидировали горение 26 кип ваты, причем отпала необходимость их разборки. На другом участке, где тушили водой, все кипы пришлось разбирать.



В другом случае, когда на складе горел хлопок в кипах, окончательно ликвидировали горение только после применения водного раствора смачивателя.

Эффективным было также тушение пожара водным раствором смачивателя в одной из комнат жилой квартиры (горели оттоманка, стулья и постельные принадлежности). Пожар был очень быстро ликвидирован.

При тушении пожара в помещении архивного фонда одного из музеев раствором смачивателя проявилась очень низкая интенсивность подачи раствора. Несмотря на то, что площадь горения была значительной, пожар ликвидировали успешно. На полу помещения следы пролитой воды почти отсутствовали.

При тушении пожаров раствором смачивателя совершенно не наблюдалось повторное воспламенение материалов после прекращения подачи раствора. В ряде случаев отпадала необходимость разборки конструкций и различных материалов.

В табл. 11 приведены обработанные данные по тушению раствором смачивателя 22 пожаров в Ленинграде.

Как видно из табл. 11, при тушении водным раствором сульфонола НП-1 его удельный расход по сравнению с расходом воды резко сокращается. При тушении водой ее удельный расход составляет от 100 до 500 л/м<sup>2</sup>, а при тушении раствором сульфонола НП-1 от 12 до 82,8 л/м<sup>2</sup>. Особенно намного сокращается удельный расход воды при тушении раствором смачивателя волокнистых материалов.

Тушение большей части пожаров, приведенных в табл. 11, проходило в течение 10—15 мин.

Как указывалось ранее, интенсивность подачи раствора на тушение также сокращается по сравнению с интенсивностью подачи воды. Если принять интенсивность подачи воды на тушение жилых домов, деревянных сараев, бумаги и т. п. равной 0,1 л/сек · м<sup>2</sup>, то при тушении таких пожаров растворами смачивателей она равнялась в среднем 0,05 л/сек · м<sup>2</sup>. При этом следует учесть, что ствольщики, привыкшие тушить пожары водой (при тушении водой требуется длительная поливка ею горящих материалов), при тушении раствором сульфонола НП-1 излишне расходуют его. Следовательно, при тушении растворами смачивателей интенсивность подачи их может быть ниже 0,05 л/сек · м<sup>2</sup>.

Таким образом, опыт использования пожарными частями Ленинграда раствора сульфонола НП-1 полностью подтвердил целесообразность его применения.

В 1962 г. растворы смачивателей стали применяться для тушения пожаров в гарнизонах пожарной охраны городов: Куйбышева, Краснодара и Москвы. Автоцистерны, заправленные раствором, выезжали на все виды пожаров согласно расписанию выездов частей. Тушили раствором во всех случаях, когда

Объект горения и площадь его	Расход раствора смазочивателя в л	Время тушения в мин	Удельный расход в л/м <sup>2</sup>	Интенсивность подачи раствора в л/сек·м <sup>2</sup>
Хлопок в кипах (30 кип), вес кипы 200 кг.				
Общая площадь горения 30 м <sup>2</sup> . . . . .	2 150	20	71,7	0,06
Вата в кипах с площадью 65 м <sup>2</sup> и покрытие такой же площадью. Раствором НП-1 потушено 26 кип ваты и 20 м <sup>2</sup> покрытия . . . . .	2 150	18	65	0,06
Жилой четырехэтажный дом. Горели обрешетка, стропилы, подшивка, утеплитель на площади 60 м <sup>2</sup> . . . . .	2 100	10,3	35,0	0,056
Жилой дом. Горели перекрытия третьего и четвертого этажей с площадью 46 м <sup>2</sup> и перегородки на площади 26 м <sup>2</sup> . . . . .	2 100	10,5	29,0	0,046
Бумага в рулонах и дощатая пристройка, в которой она хранилась Общая площадь горения—62 м <sup>2</sup> . . . . .	2 150	10,5	34	0,054
Жилой дом. Горели перекрытия третьего этажа, перегородки третьего и четвертого этажей. Общая площадь горения—50 м <sup>2</sup>	2 000	11	40	0,06
Шкафы с газетами, фототекой, стеллаж с книгами, мебель. Площадь горения—40 м <sup>2</sup> . . . . .	1 000	10	25	0,04
Деревянные сараи. Площадь горения—40 м <sup>2</sup>	2 100	10,3	52,5	0,084
Деревянные сараи. Площадь горения—50 м <sup>2</sup>	2 150	10,5	43	0,068
Деревянные сараи. Площадь горения—100 м <sup>2</sup>	2 000	10	20	0,033
Завод синтетических ароматических веществ. Горели метиловый эфир $\alpha$ -нафтола и вискозное масло на площади 20 м <sup>2</sup> . . . . .	1 200	15	60	0,064
Склад бумаги. Площадь горения—55 м <sup>2</sup> . . . . .	2 150	10,5	39	0,062
Чердак деревянного здания. Площадь горения—170 м <sup>2</sup> . . . . .	2 000	5	11,7	0,039
Мебель, перекрытие жилой комнаты. Площадь горения 22 м <sup>2</sup> . . . . .	840	4	33	0,158
Жилой дом (рубленые стены, перегородки, перекрытие). Площадь горения—80 м <sup>2</sup> . . . . .	2 090	15	26,1	0,021
Жилой дом (перегородки и домашняя обстановка). Площадь горения—50 м <sup>2</sup> . . . . .	1 980	15	39,6	0,44
Чердак жилого дома. Площадь горения—60 м <sup>2</sup> . . . . .	1 860	12	1	0,043
Дощатый сарай. Площадь горения—30 м <sup>2</sup> . . . . .	500	5	16,6	0,055
Дощатый сарай с дровами. Площадь горения—50 м <sup>2</sup> . . . . .	2 090	12	41,76	0,058
Жилой дом (перегородка и пол). Площадь горения—9 м <sup>2</sup> . . . . .	130	4	14,4	0,06
Дощатый сарай (ветошь, мешки, бумага). Площадь горения—30 м <sup>2</sup> . . . . .	415	10	13,8	0,023
Пахла в тюках. Площадь горения—60 м <sup>2</sup>	4 970	30	82,8	0,046

требовалась подача огнегасительного вещества, т. е. независимо от места пожара и его характера, свойств горючих веществ, площади горения и т. п. Результаты тушения пожаров в Москве водным раствором сульфонола НП-1 приведены в табл. 12.

Таблица 12

Объект горения и площадь его	Расход раствора смачивателя в л	Время тушения в мин	Удельный расход в л/м <sup>2</sup>	Интенсивность подачи раствора в л/сек·м <sup>2</sup>
Деревянный дом, подготовленный к сносу. Площадь горения—180 м <sup>2</sup> .	2000	15	11,1	0,0123
То же. Площадь горения—165 м <sup>2</sup> .	2000	12	12,1	0,017
Деревянная тара (ящики, бочки). Площадь горения 80 м <sup>2</sup> . . . . .	1300	10	16,2	0,027
Пенька. Площадь горения—94 м <sup>2</sup> .	1600	15	17	0,09
Деревянная тара. Площадь горения—87 м <sup>2</sup> . . . . .	1000	12	11,5	0,016
Деревянное междуэтажное перекрытие. Площадь горения—52 м <sup>2</sup> . .	1000	10	19,2	0,031
Деревянный пол, доски. Площадь горения—70 м <sup>2</sup> . . . . .	1000	20	14,3	0,012

При тушении пожаров раствором сульфонола НП-1 было установлено, что он более глубоко проникал в древесину и пенку, чем вода. На поверхности горящих предметов образовывалась пленка устойчивой пены. Интенсивность подачи раствора снижалась по сравнению с водой в 2,5—3 раза. Значительно снижалось время тушения.

При этом пожары в деревянных жилых домах, чердаках, сараях успешно тушились одним стволом, если площадь горения не превышала 100—200 м<sup>2</sup>. Удельный расход раствора на тушение был в несколько раз меньше, чем при тушении водой. Так из 80 пожаров 11 тушились с удельным расходом до 20 л/м<sup>2</sup>, 24 — с удельным расходом до 30 л/м<sup>2</sup>, 33 — с удельным расходом до 40 л/м<sup>2</sup> и 47 — с удельным расходом до 50 л/м<sup>2</sup>. Остальные пожары тушились с удельным расходом раствора до 100 л/м<sup>2</sup>. Вот некоторые примеры тушения пожаров растворами смачивателей.

В шестизэтажном жилом доме горело деревянное чердачное перекрытие на площади 20 м<sup>2</sup>. Пожарная часть подала на тушение один ствол РС-Б от автоцистерны с раствором смачивателя. Пожар был потушен за 15 мин. На тушение израсходовано 1200 л раствора при интенсивности подачи 0,066 л/сек·м<sup>2</sup>. Применение раствора смачивателя дало возможность быстро предотвратить распространение огня по пустотам перекрытия и вентиляционным каналам, а также потушить тлеющие опилки, которыми было утеплено перекрытие.

В административном здании завода горели мебель и пол на площади  $20 \text{ м}^2$ . Пожар был потушен одним стволом с удельным расходом раствора  $2,5 \text{ л/м}^2$ . При тушении было отмечено, что раствор смачивателя проникал через тонкие щели пола и тушил глеющую сгораемую засыпку перекрытия. В связи с этим дополнительной проливки перекрытия водой после локализации пожара не потребовалось.

В одноэтажном деревянном жилом доме горел чердак на площади  $200 \text{ м}^2$ . Пожар распространился в жилые комнаты. На чердаке пожар тушили раствором сульфонола НП-1. Все было потушено одним стволом с удельным расходом  $10 \text{ л/м}^2$ .

На пожаре в складе утиля к прибытию пожарной части горело  $20 \text{ м}^3$  обиходных материалов и деревянное покрытие. Пожар был потушен одним стволом от автоцистерны с удельным расходом  $50 \text{ л/м}^2$ .

В 1963 г. раствор сульфонола НП-1 стали широко применять для тушения пожаров пожарные части Московской области. Они тушили раствором смачивателя жилые и производственные здания, автомашины, солому и др.

Так, например, пожар возник в заводской малярной камере. К приезду пожарной части горели: краска на внутренних поверхностях камеры, деревянные детали и транспортная лента. Общая площадь горения составляла  $144 \text{ м}^2$ . Тушение затруднялось из-за высокой температуры и сильного дыма. На тушение был подан один ствол РС-Б от цистерны, заправленной  $0,5\%$ -ным раствором сульфонола НП-1. Под действием раствора смачивателя быстро прекращалось горение краски и выделение дыма на стенах камеры. Через  $3-4 \text{ мин}$  температура и задымление в помещении резко снизились и можно было работать без кислородных изолирующих противогазов.

На тушение было израсходовано  $1600 \text{ л}$  раствора. Интенсивность подачи раствора была —  $0,008 \text{ л/м}^2 \cdot \text{сек}$ .

Данные о результатах тушения пожаров в Московской области приведены в табл. 13.

При тушении раствором смачивателя древесины и соломы отмечалось быстрое прекращение выделения дыма после того как пламя на их поверхности было сбито. При тушении водой это не происходит.

Следовательно, раствор смачивателя тушит очаги тления, расположенные даже в глубине горевших материалов, что сокращает время разборки горевших материалов при ликвидации пожаров.

В 1963 г. гарнизон пожарной охраны г. Саратова стал применять для тушения  $0,7\%$ -ный раствор некаля и  $1,5\%$ -ный раствор мылонафта. Результаты тушения пожаров показывают также эффективность применения смачивателей.

В этом же году УПО Красноярского края совместно с отделом охраны совнархоза провело опыты по тушению раство-

ром смачивателя пяти штабелей пиломатериалов. В опытах применялся 0,2%-ный раствор сульфоната натрия, который подавали из цистерны танка сплошной струей из насадка диаметром 25 мм, с расходом 18 л/сек.

Таблица 13

Объект горения и площадь его	Расход раствора смачивателя в л	Время тушения в мин	Удельный расход в л/м <sup>2</sup>	Интенсивность подачи раствора в л/сек·м <sup>2</sup>
Деревянный жилой дом. Площадь горения—60 м <sup>2</sup> . . . . .	2 160	20	36	0,03
Деревянный жилой дом. Площадь горения—90 м <sup>2</sup> . . . . .	2 100	10	24	0,04
Сток соломы. Площадь горения—60 м <sup>2</sup> . . . . .	2 160	13	36	0,046
Четырехэтажный жилой дом. Горела обрешетка покрытия на площади 40 м <sup>2</sup> . . . . .	716	3	17,9	0,098
Деревянный жилой дом и сарай. Площадь горения—100 м <sup>2</sup> . . . . .	2 100	10	21	0,035
Деревянный жилой дом. Площадь горения—112 м <sup>2</sup> . . . . .	4 280	30	38,2	0,021
Магазин (матрацы, подушки, деревянная стена). Площадь горения—80 м <sup>2</sup> . . . . .	300	10	3,7	0,006
Подвал четырехэтажного жилого дома (деревянные перегородки, старая мебель и др.). Площадь горения—80 м <sup>2</sup> . . . . .	2 160	15	37	0,033
Деревянный жилой дом. Площадь горения — 120 м <sup>2</sup> . . . . .	2 160	10	18	0,03

Интенсивность подачи раствора 0,08 л/сек·м<sup>2</sup>. Горение на боковых поверхностях штабеля прекращалось в течение 1 мин. Раствор смачивателя лучше, чем пена, проникнул внутрь штабеля, потушенные поверхности досок вторично воспламенялись через более длительное время, чем при тушении пеной и водой.

Опыты показали, что раствор смачивателя может применяться для локализации пожаров штабелей пиломатериалов.

В настоящее время растворы смачивателей начинают применяться для тушения и в других гарнизонах пожарной охраны.

## Глава IV. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СМАЧИВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

### ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СМАЧИВАТЕЛЕЙ

Как указывалось уже, применение смачивателей значительно улучшает огнегасительные свойства воды и уменьшает время тушения. Заполняя все автоцистерны водным раствором

смачивателей, гарнизоны как бы в два раза увеличивают объем воды, доставляемой на пожары. Сокращение же при этом времени тушения предотвращает образование крупных и затяжных пожаров и значительно снижает убытки от огня.

Таким образом, гарнизоны пожарной охраны, пожарные части должны быть заинтересованы в применении смачивателей для тушения.

В настоящее время сравнительно немного гарнизонов, которые применяют смачиватели.

Организация применения смачивателей пожарными частями гарнизонов, как правило, должна осуществляться пожарно-испытательными станциями совместно с отделами (отделениями) службы и подготовки, а при отсутствии пожарно-испытательных станций — отделами (отделениями, группами) службы и подготовки управлений и отделов пожарной охраны.

Работы по применению смачивателей для тушения пожаров в гарнизоне начинают с выявления в охраняемом районе объектов, применяющих в технологических процессах поверхностно-активные вещества.

В настоящее время смачиватели в больших количествах применяются на текстильных предприятиях, на заводах и фабриках, занимающихся очисткой твердых поверхностей неволокнистых материалов (металлов от масел и ржавчины), флотацией и обогащением руд, обезжириванием и дублением кож, окраской мехов, приготовлением эмульсий ядохимикатов для сельского хозяйства, кроме того, в пищевой и лакокрасочной промышленности, при производстве бумаги, синтетических волокон и пленок, получении и обработке синтетических каучуков и других полимеров. Широко применяются смачиватели в нефтяной и химической промышленности.

В большинстве случаев на этих объектах отработанные растворы смачивателей удаляются в канализацию. Иногда эти растворы без какой-либо обработки могут быть применены для тушения.

Определив концентрацию смачивателя в отработанном растворе или смачивающую способность раствора, загрязненность его посторонними примесями, характер среды раствора (кислый или щелочной), можно решить вопрос о возможности применения его для тушения. При этом, если смачивающая способность отработанного раствора будет не 7 сек, как предусмотрено, а 10—12, т. е. концентрация раствора будет меньше оптимальной (см. табл. 5), то и в этом случае раствор может быть применен для тушения.

Загрязненный раствор можно использовать только после фильтрации или осаждения. Очень кислый или щелочной раствор не рекомендуется использовать для тушения.

Дальнейшая организация применения смачивателей зависит от того, чем располагает гарнизон. Если гарнизон имеет отра-

ботанный раствор смачивателя, пригодный для тушения, то в зависимости от его количества им можно заполнять все автоцистерны, находящиеся в боевом расчете. Если для заполнения всех автоцистерн раствора недостаточно, то его вводят на вооружение тех пожарных частей, в районе выезда которых большое количество пожаров, наибольшее число сгораемых строений или объектов с наличием хлопка, сажи, шерсти, торфа и других веществ, а также районы выезда которых недостаточно обеспечены водой для тушения пожаров.

Если гарнизон пожарной охраны имеет смачиватель, то его применение в большой степени будет зависеть от свойств и главным образом от его растворимости.

Поскольку смачиватели для тушения применяются в виде водных растворов, то при работе с ними используется та же пожарная техника, которая находится на вооружении подразделений пожарной охраны.

Приготовление рабочего раствора смачивателя практически может осуществляться как до пожара, так и на пожаре. Наибольшее количество раствора может быть получено, конечно, в том случае, когда подразделения пожарной охраны будут вывозить на пожар смачиватель в виде 100%-ного вещества и рабочий раствор готовить в процессе тушения, как, например, получают химическую и воздушно-механическую пены.

Такой способ получения рабочего раствора на пожаре может быть применен при использовании жидких или сыпучих хорошо и быстро растворимых в воде смачивателей. Однако поверхностно-активные вещества различных классов, полученные различными методами, обладают не одинаковой способностью к образованию растворов и, кроме того, скорость растворения их различна.

Из жидких смачивателей высокой растворимостью в воде при низких температурах обладают моющее средство «Прогресс», синтол, детергент-РАС и пенообразователь ПО-1. Они представляют собой маловязкие жидкости, хорошо подсасываемые обычными струйными аппаратами, находящимися на вооружении пожарных частей. Приготовление их водных растворов не должно представлять большого труда.

Из порошкообразных, сыпучих смачивателей хорошей и быстрой растворимостью в воде при низкой температуре обладают сульфанолаы НП-1, НП-5, Б. Такими свойствами не обладают сульфанолаы в виде пасты; они растворяются медленно и только в теплой воде.

Сульфанола НП-1 в виде порошка используют в качестве смачивателя, как правило, все гарнизоны пожарной охраны, использующие смачиватели, однако рабочий раствор его готовят заранее, до пожара. Объясняется это тем, что на вооружении пожарных частей нет приборов, дозирующих сыпучие вещества к воде в небольших количествах. Ранее выпускавшийся пено-

генератор ПГ-25 дозирует 0,12 кг пеногенераторного порошка на 1 л воды.

При использовании сульфонола НП-1 нужно дозировать 0,003 кг его на 1 л воды. Поэтому этот прибор не может быть применен для приготовления рабочего раствора сульфонола НП-1 на пожаре.

Таким образом, в настоящее время, когда гарнизоны пожарной охраны приобретают различные по своему агрегатному состоянию и свойствам смачиватели, в ограниченных количествах способ приготовления рабочего раствора смачивателя на пожаре из 100%-ного вещества смачивателя не может быть применим. Он может быть применен после того, как на вооружение пожарной охраны поступит определенный вид хорошо растворимого жидкого или порошкообразного смачивателя.

Получать значительное количество рабочего раствора смачивателя на пожаре можно и другим способом. Он состоит в том, что на пожар вывозится концентрированный раствор смачивателя, а в процессе тушения при помощи воздушно-пенного смесителя он дозируется к воде до получения рабочего раствора.

Этот способ приготовления рабочего раствора на пожаре может быть применен при использовании смачивателей, обладающих высокой растворимостью в воде при низких температурах. При этом медленное растворение смачивателя здесь не играет большой роли, так как концентрированные растворы готовятся заранее до пожара.

Концентрированные растворы могут образовывать смачиватели: «Прогресс», синтол, детергент-РАС, пенообразователь ПО-1, сульфонаты, ОП-7, ОП-10, ДБ, некаль и др. Их растворимость высокая, однако некоторые из них (ОП-7, ОП-10, ДБ) при высокой концентрации образуют растворы повышенной вязкости, что может служить препятствием для их применения, особенно при низких температурах.

Если по этому способу приготовления рабочего раствора использовать имеющийся на основных пожарных автомобилях стационарный воздушно-пенный смеситель, то концентрация смачивателя в вывозимых на пожар растворах может быть в 25—50 раз выше концентрации рабочего раствора. Такой большой диапазон концентраций объясняется различной растворимостью смачивателей, вязкостью концентрированных растворов их и возможностью смесителя подсасывать различное количество раствора.

Для приготовления рабочего раствора на пожаре по такому способу необходимо предварительно протарировать смеситель для подачи раствора через ствол РС-Б и получения максимального, для данного смачивателя, объема раствора оптимальной концентрации.



Вывозить концентрированный раствор на пожар можно в баке для пенообразователя. От бака пенообразователя емкостью 150 л при использовании смачивателя высокой растворимости, например сульфоната натрия, можно получить до 7000 л рабочего раствора.

Как правило, все пасты, большую часть твердых и жидких (ОП-7, ОП-10, ДБ) поверхностно-активных веществ при приготовлении концентрированных растворов (больше 10%) следует растворять при перемешивании в подогретой до 40—60°С воде. Если же время растворения не ограничено несколькими часами, то их готовят в воде, имеющей обычную температуру, однако при этом также следует перемешивать раствор. Раствор таких смачивателей должен готовиться в отдельной емкости и после этого заливаться в бак для пенообразователя.

Известно, что многие гарнизоны пожарной охраны применяют в качестве смачивателя сульфонол НП-1.

В небольших количествах он очень быстро растворяется даже в холодной воде, но растворимость его невысокая. Так, при температуре воды 8—10°С он образует растворы концентраций не выше 2%. Концентрированные же растворы его при использовании стационарного воздушно-пенного смесителя должны быть 7,5—15%. Растворы сульфонола НП-1 такой концентрации нельзя получить при низких температурах воды, поэтому он не применяется для приготовления рабочих растворов непосредственно на пожарах.

Однако опыт гарнизона пожарной охраны Ленинграда показывает, что, используя некоторые свойства сульфонола НП-1, можно, не имея концентрированного раствора, получать рабочий раствор его непосредственно на пожаре.

Для этого в отдельной емкости с водой, подогретой до температуры 40—45°С, готовят 10%-ный раствор сульфонола НП-1. Приготовленный раствор заливают в бак пенообразователя автоцистерны, где он медленно охлаждается. При охлаждении раствора выпадает очень мелкий осадок, который тонким слоем ложится на дно бака.

После охлаждения раствора в баке в зависимости от температуры будет находиться 2—3%-ный раствор и легкий осадок, который при небольшом перемешивании переходит во взвешенное состояние и равномерно распределяется в жидкости.

Проводя этот эксперимент, сотрудники Ленинградской пожарно-испытательной станции исходили из того, что при движении автоцистерны на пожар в результате перемещения раствора осадок перейдет во взвешенное состояние, а затем при использовании раствора на тушение через смеситель поступит в рукавную линию. Так как в рукавной линии концентрация смачивателя в растворе очень низка, осадок быстро растворится и на пожар поступит раствор необходимой концентрации.

Высказывались мнения, что при длительном хранении осадок может изменить свое состояние, забить трубу смесителя и препятствовать прохождению через него раствора, не раствориться в рукавной линии и не создать раствора нужной концентрации. Практика использования этого способа приготовления рабочего раствора на пожарах показала, что осадок вместе с раствором свободно проходил через смеситель и последний работал бесперебойно. В рабочем растворе и на потушенных конструкциях не отмечалось наличие нерастворенных частиц смачивателя. Эффект тушения не изменялся по сравнению с тушением рабочим раствором, приготовленным в пожарной части и вывозимым в емкости автоцистерны.

Рабочим раствором сульфонола НП-1, приготовленным по указанному способу, был потушен пожар на фабрике, на которой под металлическим навесом хранились штабеля кип обтирочной ветоши (готовой продукции фабрики) на площади 200 м<sup>2</sup>. Высота штабелей достигала 4 м.

К прибытию пожарной части все штабеля были охвачены огнем. Силы и средства по вызову № 2 более часа тушили водой, но не добились существенных результатов. Затем была вызвана автоцистерна, бак для пенообразователя которой был заполнен раствором с осадком сульфонола НП-1. При тушении раствором сульфонола, который подавался из бака через смеситель в насос и рукавную линию, горение было ликвидировано через 30—35 мин.

Успешное тушение пожара раствором сульфонола НП-1 говорит о том, что раствор нужной концентрации успел образоваться в рукавной линии. Это было подтверждено на другом пожаре, где проба раствора, взятая у ствола РС-Б, имела поверхностное натяжение и смачивающую способность, соответствующие концентрации смачивателя 0,3%.

Для получения необходимой концентрации смачивателя по этому способу приготовления раствора большое значение имеет правильная регулировка воздушно-пенного смесителя.

Опыт Ленинградской пожарно-испытательной станции показывает, что для получения 0,3%-ного раствора сульфонола НП-1 при работе со стволом РС-Б кран смесителя должен находиться в положении между делениями «2» и «2,5». При такой регулировке крана смесителя от бака емкостью 150 л с 10%-ным раствором сульфонола НП-1 можно получить до 500 л рабочего раствора.

Практика применения растворов смачивателей в гарнизонах пожарной охраны показывает, что концентрированный раствор целесообразно вывозить на автоцистерне в баке для пенообразователя. В этом случае цистерну заполняют водой и раствор смачивателя может использоваться по усмотрению руководителя тушения только там, где он необходим. Тогда исключает-

ся расходование смачивателя на тушение свалок мусора, каменного угля, отдельно стоящих небольших сараев, при проведении занятий с подачей воды от автоцистерны и т. д.

Использование бака для пенообразователя под перевозку концентрированных растворов смачивателей исключает возможность применения на пожаре воздушно-механической пены для тушения горючих жидкостей. Хотя водные растворы применяемых для тушения смачивателей, так же как и пенообразователь ПО-1, способны образовывать воздушно-механическую пену, огнегасительные свойства ее в полной мере еще не изучены и в настоящее время для тушения горючих жидкостей она не применяется. Поэтому в тех пожарных частях, в районе выезда которых расположены нефтебазы или объекты с применением горючих жидкостей, на пожары следует вывозить пенообразователь. В пожарных частях, обслуживающих объекты по переработке или получению волокнистых материалов, концентрированный раствор смачивателя целесообразно вывозить в автоцистернах.

Способ получения рабочих растворов смачивателей из концентрированных растворов в настоящее время в гарнизонах пожарной охраны не применяется, кроме гарнизона Ленинграда, который проводит испытание предложенного им способа приготовления раствора сульфонола НП-1.

Все другие гарнизоны рабочий раствор смачивателя готовят в пожарных частях и вывозят его на пожар в автоцистернах. В зависимости от растворимости смачивателей их растворы готовятся либо в отдельных емкостях, а затем сливаются в автоцистерны, либо непосредственно в емкостях автоцистерн.

Так, растворы моющего средства «Прогресс», синтола, детергента-РАС, сульфонола НП-1, сульфоната можно готовить непосредственно в емкостях автоцистерн. Для этого отвешенное количество смачивателя вводят в цистерну с водой и затем перемешивают при помощи насоса, включаемого на 2—3 мин. В результате смачиватели быстро растворяются и равномерно распределяются в воде.

Такие вещества, как ОП-7, ОП-10, ДБ, некаль, мылонафт, следует растворять в отдельной емкости в подогретой до 40—60°С воде и затем полученный концентрированный раствор сливать в заполненную водой автоцистерну. Хранить растворы смачивателей в автоцистернах можно длительное время, так как они не изменяют своих свойств и не вызывают коррозии стали.

### ТЕХНИКА ТУШЕНИЯ СМАЧИВАТЕЛЯМИ

Растворы смачивателей, вывозимые на пожар в автоцистернах, применяют главным образом для подачи первого ствола. При этом практика тушения показывает, что одной автоцистер-

ны с раствором смачивателя, как правило, достаточно для ликвидации незапущенного пожара и локализации развившегося.

Учитывая способность раствора смачивателей быстро проникать сквозь различные виды тканей, применяют только пробрезинные рукава.

При прокладке рукавной линии надо предусматривать ее запас, так как раствором смачивателя из одной автоцистерны тушат площадь пожара в 2—2,5 раза больше, чем водой, и, следовательно, ствольщики от начальной позиции передвигаются на значительные расстояния.

Тушить растворами смачивателя можно все твердые материалы, которые тушат водой. Особенно высокий эффект тушения проявляется при тушении целлюлозных материалов: хлопка, древесины, тканей, бумаги и т. д. Они же являются основным горючим материалом на пожарах жилых, административных, лечебных, сельскохозяйственных и других зданий. Поэтому пожары в этих зданиях тушат растворами смачивателей с меньшей интенсивностью подачи и быстрее, чем водой.

В связи с этим рекомендуется применять только стволы перекрывные (РС-Б и КР-Б) со sprыском не более 13 мм. Однако практика тушения показывает, что для сокращения излишне проливаемого на пожарах раствора смачивателя желательно применять стволы с меньшим диаметром sprыска.

При использовании же стволов со sprыском 13 мм их необходимо перекрывать после быстрой обработки горящих поверхностей, во время разборки горевших материалов, при остановах в продвижении, изменении позиций стволов и при других моментах, когда не требуется раствор.

Пожары внутри помещений следует тушить распыленными струями. Они позволяют уменьшать интенсивность подачи раствора, понижать температуру и задымленность в горящем помещении.

Сплошные струи надо употреблять только в тех случаях, когда из-за лучистой теплоты или высокой температуры в помещении нельзя близко подойти к горящему объекту. При этом струи надо быстро передвигать по горячей поверхности, стремясь как можно быстрее обработать ее.

В процессе обработки целлюлозных материалов раствором может остаться небольшой очаг тления. В этом случае на него не следует далее расходовать раствор, так как он тухнет от дальнейшего проникновения раствора.

В том случае, если очаг тления не погаснет от действия раствора, его следует потушить водой. Такая рекомендация дается потому, что очаги тления, находясь среди материалов, потушенных раствором смачивателя, длительное время не могут развиваться.

Эта рекомендация не применима для тушения хлопка и сажки, так как очаги их тления плохо тушатся водой.

Интенсивность подачи раствора смачивателя на тушение целлюлозных материалов (древесины, ткани, бумаги, сена, соломы и др.) рекомендуется принимать в два раза меньше, чем при тушении их водой (табл. 8). Следовательно, для тушения мебели из древесины она составляет 0,03—0,05 л/сек · м<sup>2</sup>. Особенно много раз должна снизиться интенсивность подачи раствора смачивателя на тушение хлопка, пеньки и сажки. Интенсивность подачи воды на их тушение неизвестна. Интенсивность же подачи раствора смачивателя для тушения хлопка и пеньки из опыта тушения пожарными частями Ленинграда и Москвы может быть принята 0,05—0,66 л/сек · м<sup>2</sup>.

Как показали опыты, интенсивность подачи раствора смачивателя на тушение каучука и резины мало снижается по сравнению с интенсивностью подачи воды, поэтому до получения других данных во всех случаях для их тушения следует принимать интенсивность подачи воды.

Для защиты от воспламенения твердых сгораемых материалов, особенно волокнистых, сыпучих и пористых, также рекомендуется применять растворы смачивателей. Защищать можно растворами при помощи распыленных струй и воздушно-механической пены, получаемой при пропускании растворов смачивателей через воздушно-пенный ствол.

Воздушно-механическую пену, получаемую из рабочих растворов некоторых смачивателей, можно применять не только для защиты твердых сгораемых материалов от воспламенения, но и для их тушения. Кроме того, ею можно также тушить разлитые нефтепродукты. Следовательно, свойства раствора смачивателей необходимо учитывать при проведении всех действий по тушению пожаров.

В тех случаях, когда разведка пожара проводится с одновременной подачей ствола, необходимо ствол подавать от автоцистерны со смачивателем.

При одновременной работе пожарных подразделений по тушению пожара и спасению людей стволы от цистерн с раствором смачивателя необходимо подавать на те участки, на которых проводятся спасательные работы.

**Хранение поверхностно-активных веществ.** Ранее указывалось, что для тушения целесообразно применять следующие вещества: сульфонат, смачиватель ДБ, сульфонолы НП-1 и НП-5, некаль. Рабочая концентрация их, определенная в лабораторных условиях, не превышает 0,75%.  
**Хранение**

При их длительном хранении требуется соблюдать определенные условия, чтобы вещества не теряли своих первоначальных свойств.

Сульфонат следует хранить в завязанных полиэтиленовых мешках, которые для механической прочности следует помещать в двойные крафтцеллюлозные мешки. Сульфонат — силь-

но гигроскопическое вещество, поэтому его следует хранить в сухих, желательнo, отапливаемых помещениях.

Смачиватель ДБ, представляющий собой густую пасту, хранится в металлических бочках. Длительное хранение его в неотапливаемом помещении даже в зимнее время показало, что он не теряет своих смачивающих свойств.

Сульфанолаы НП-1 и НП-5 в виде порошков хранятся в крафтцеллюлозных мешках. Они менее гигроскопичны, чем сульфонат. Однако хранение их во влажном помещении ведет к увлажнению и слеживаемости. Сульфанолаы в виде пасты хранятся в деревянных бочках и могут длительное время находиться в неотапливаемых помещениях.

Некаль, или, как его иначе называют, смачиватель НБ выпускается в деревянных бочках. При хранении его в помещении с резкими изменениями температуры и на открытом воздухе тара рассыхается, продукт поглощает влагу и теряет свои первоначальные свойства.

## ЛИТЕРАТУРА

- Клейтон В. Эмульсии. Изд. иностранной литературы, 1950.
- Науменко П. В. Синтетические жирозаменители, поверхностно-активные вещества и моющие средства. Пищепромиздат, 1960.
- Наумов В. М. Химия коллоидов. Госхимиздат, 1932.
- Путилова И. Н. Руководство к практическим занятиям по коллоидной химии. Изд. «Высшая школа», 1961.
- Товбин И. М. Пути развития производства синтетических жирозаменителей и моющих средств. Пищепромиздат, 1955.
- Штюпель Г. Синтетические моющие и очищающие средства. Госхимиздат, 1960.
- Шварц А., Перри Дж., Берч Дж. Поверхностно-активные вещества и моющие средства. Изд. иностранной литературы, 1960.
-

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

### Глава I. Тушение пожаров водой

Вода как огнегасительное вещество . . . . .	3
Механизм тушения водой . . . . .	5

### Глава II. Краткие сведения о поверхностно-активных веществах

Классификация поверхностно-активных веществ . . . . .	8
Физико-химические свойства поверхностно-активных веществ . . . . .	14
Методы определения поверхностного натяжения . . . . .	17
Смачивающая способность поверхностно-активных веществ . . . . .	21
Пенообразующая способность поверхностно-активных веществ . . . . .	28

### Глава III. Тушение пожаров растворами смачивателей

Опыты по тушению материалов и зданий растворами смачивателей . . . . .	31
Практика применения смачивателей для тушения пожаров в гарнизонах . . . . .	38

### Глава IV. Рекомендации по применению смачивателей для тушения пожаров

Организация работы по применению смачивателей . . . . .	44
Техника тушения смачивателями . . . . .	50
Литература . . . . .	54



Моисей Владимирович Казаков,  
Петр Георгиевич Демидов

**ПРИМЕНЕНИЕ СМАЧИВАТЕЛЕЙ  
ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ**

Тем. план 1964 г. № 127

\*\*\*

*Стройиздат*

Москва, Гретьяковский проезд, д. 1.

\*\*\*

Научный редактор А. А. Откидач  
Редактор издательства Э. П. Злобина

Внешнее оформление художника Г. М. Чеховского

Технический редактор Т. Д. Яхонтова

Корректор И. В. Бошнякович

---

Сдано в набор 26/VIII—1964 г. Подписано к печати 28/X—1964 г.  
Тираж 7300 экз. Изд. № AVII-8521/2044. Зак. № 785. Цена 12 коп.  
Т-13260 Бумага 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>—1,75 бум. л. 3,5 печ. л. (3,4 уч.-изд. л.).

---

Подольская типография Главполиграфпрома  
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати,  
г. Подольск, ул. Кирова, 25

### О П Е Ч А Т К И

Строка	Напечатано	Следует читать
8 снизу 4 сверху	500 л (табл. 8)	5000 л (табл. 2)

Звк. 785.