

Инженерный центр пожарной робототехники «ЭФЭР»

**Ю. И. ГОРБАНЬ**

# **ПОЖАРНЫЕ РОБОТЫ И СТВОЛЬНАЯ ТЕХНИКА В ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКЕ И ПОЖАРНОЙ ОХРАНЕ**

*Для специалистов в области пожарной автоматики  
и пожарной охраны*

Москва — 2013

**УДК 614.844**  
**ББК 38.96**

**Горбань Ю. И.**

Пожарные роботы и ствольная техника в пожарной автоматике и пожарной охране. — М. : Пожнаука, 2013. — 352 с.

**ISBN 978-591444-023-8**

Представлены новые технологии пожаротушения с применением пожарных роботов, выполненных на базе современной ствольной пожарной техники. Показано, как создавались пожарные роботы в России, как совершенствовалась их конструкция, как они применялись в техногенных катастрофах и как они защищают объекты различного назначения.

С учетом того, что пожарная техника аккумулирует в себе достижения науки и техники в различных областях знаний, рассмотрены основные понятия по гидравлике в пожарном деле и баллистике струй, а также по огнеопасным материалам и огнетушащим веществам, применяемым в ствольной технике.

Представлена широкая номенклатура пожарных роботов и пожарных стволов отечественного производства. Приведена их сравнительная оценка с известными зарубежными аналогами. Дана подробная информация по применению роботизированных установок пожаротушения и пожарных стволов для защиты пожароопасных объектов, включая сведения, необходимые для проектировщиков и конструкторов.

**УДК 614.844**  
**ББК 38.96**

**ISBN 978-591444-023-8**

© Горбань Ю. И., 2013

*Светлой памяти отца Ивана Викентиевича, боевого офицера, который встретил войну на пограничной заставе в Карелии и закончил ее победой над Японией в августе 1945 г., в послевоенные годы — преподавателя – воспитателя Харьковского пожарно-технического училища. В его «золотом» выпуске 1949 г. — три пожарных генерала.*

## Рецензия

*В книге поднята важная и интересная тема о применении пожарных роботов в системах противопожарной защиты зданий и сооружений. Развитие роботизированных систем, несомненно, представляет интерес для проектировщиков и строителей, а также специалистов пожарной охраны, участвующих в эксплуатации различных строительных объектов.*

*Первые публикации о применении пожарных роботов появились в нашей стране в начале 80-х годов прошлого века — «Робот в Кижсах». Их использовали при ликвидации Чернобыльской трагедии. Активное же применение пожарных роботов началось в нашей стране в 2000-х годах. Однако популяризации новой технологии уделяется незаслуженно малое внимание.*

*Пожарные роботы относятся к стационарным автоматическим установкам пожаротушения и, по мнению пожарных специалистов, к самым эффективным средствам борьбы с пожарами. Они пребывают в ждущем режиме и приводятся в действие по объективным показателям, ликвидируют возникающие пожары в минимально возможное время без участия человека. Применение роботизированных пожарных комплексов регламентировано СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования». Использование роботизированных установок обеспечивает пожаротушение в тех случаях, когда традиционные спринклерные и дренчерные установки малоэффективны или неприемлемы, например в широкопролетных зданиях и сооружениях. При этом реализуется ценное качество пожарных роботов — защита больших площадей (до 15 тыс. м<sup>2</sup>) при расходе воды до 60 л/с.*

*С учетом изложенного считаю, что представленные в книге материалы по пожарным роботам и ствольной технике содержат широкий круг сведений, необходимых для проектировщиков пожарной автоматики и работников пожарной охраны, и могут быть использованы в учебных программах, в частности кафедры «Комплексная безопасность» Московского государственного строительного университета, по следующим темам:*

- принципы устройства роботизированных установок пожаротушения;*
- применение роботизированных установок пожаротушения в противопожарной защите широкопролетных сооружений.*

*А. Я. Корольченко  
д-р техн. наук, профессор,  
академик МАНЭБ*

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Современные инновационные информационно-компьютерные технологии оказывают значительное влияние на развитие промышленности. Большие изменения происходят и в пожарной автоматике, неотъемлемой частью которой становятся пожарные роботы.

Следует отметить, что Россия является первой страной в мире, где новый вид автоматических установок пожаротушения — роботизированные установки пожаротушения — введен законодательно и нормативно: в «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (Федеральный закон № 123-ФЗ), в свод правил проектирования установок пожаротушения СП 5.13130.2009, в ГОСТ Р 53326—2009.

Пожарная робототехника прошла значительный путь эволюционного развития. Происходящие техногенные катастрофы ускорили разработку пожарных роботов для применения в экстремальных условиях. С появлением практического опыта использования пожарных роботов стали проводиться исследования новых технологий пожаротушения во ВНИИПО и в Институте физико-технических проблем (г. Москва), в ГПИ «Спецавтоматика» (г. Ленинград) и в Лаборатории пожарных роботов (г. Петрозаводск). В этих работах определялись основные показатели пожарных роботов, вводились новые термины и определения, выполнялись практические исследования по баллистике струй с целью выработки рекомендаций по применению. Были разработаны и внедрены первые роботизированные пожарные комплексы для защиты машинных залов на Ленинградской АЭС и Петрозаводской ТЭЦ.

В книге представлены новые технологии пожаротушения с применением пожарных роботов, выполненных на базе современной ствольной пожарной техники. Показано также, как создавались пожарные роботы в России, как совершенствовалась их конструкция, как они применялись в техногенных катастрофах и как они защищают объекты различного назначения.

С учетом того, что пожарная техника аккумулирует в себе достижения науки и техники различных областей знаний, в книге рассмотрены основные понятия по гидравлике в пожарном деле и баллистике струй, а также по огнеопасным материалам и огнетушащим веществам, применяемым в ствольной технике.

Пожарный робот во многом соответствует мечтам пожарных о борьбе с огнем: он круглосуточно следит за доверенной ему зоной защиты и при загорании быстро и точно направляет в очаг огня мощный заряд воды или пены. Пожарные роботы отличаются от других установок пожаротушения тем, что могут из одной точки защищать большие площади — от 5 до 15 тыс. м<sup>2</sup> при расходах от 20 до 60 л/с соответственно. Адресная доставка воды и пены осуществляется по воздуху по всей защищаемой зоне непосредственно в очаг загорания, а не на расчетную площадь, определенную проектом раз и навсегда. Роботизированные установки пожаротушения на базе пожарных роботов отличаются высоким быстродействием, эффективностью, экономичностью. Уникальной особенностью данной системы является возможность концентрации всей мощности подачи огнетушащего вещества на очаг возгорания в начальной стадии.

Книга рассчитана на широкий круг специалистов, занимающихся проектированием, монтажом и эксплуатацией систем пожарной автоматики, работающих в области пожарной автоматики, а также инженерно-технических работников пожарной охраны.



*...Я вижу, как человечество выдвигает в космос и иные миры свои передовые посты — носители двух родственных интеллектов совершенно разной природы: интеллект на основе кремния (роботы), способные с немыслимой скоростью и точностью обрабатывать миллиарды чисел, без усталости и ошибок выполнять различную работу, интеллект на основе углерода (люди), способные с помощью интуиции, вдохновения, воображения решать задачи, недоступные ни одной ЭВМ, из-за неполноты исходных данных. Я вижу, как закладываются основы нового совершенного общества, как люди, которые будут жить в нем, создают новый мир, который сегодня не может нарисовать даже самая безудержная фантазия. Я вижу, как человек и робот рука об руку идут вперед — быстрее, чем каждый из них шел бы в одиночку...*

*Айзек Азимов. Нью-Йорк, январь 1985 г.*

# ОТ ПЕРВОГО ПОЖАРНОГО РОБОТА ДО ЗАВОДА ПОЖАРНЫХ РОБОТОВ

**В** 80-е годы XX века промышленные роботы считались основой технического прогресса. Они внедрялись на многих машиностроительных предприятиях с целью замены монотонного труда человека. Разрабатывались также роботы и для экстремальных сред. В основном эти роботы носили научно-исследовательский характер и ограничивались отдельными экспериментами. Однако участвовавшие техногенные катастрофы заставили ускорить разработку роботов с целью практического применения их в экстремальных условиях.

## ГЛАВА 1. Робот в Кижях

Официальной датой создания первого пожарного робота в нашей стране принято считать 18 июня 1984 г. [1]. По сообщению ТАСС в этот день на постоянное дежурство по защите памятников деревянного зодчества на о. Кижь заступил первый пожарный робот, созданный специалистами из Карелии\*.

Этому событию предшествовал ряд обстоятельств, которые привели к необходимости создания именно этого устройства для защиты памятников деревянного зодчества.

Высокие, монументальные храмы нередко загорались от ударов молний. Такая участь постигла, к примеру, Благовещенскую церковь в с. Турчасово Архангельской обл. Не стало ее — и уникальный древнерусский культовый ансамбль, состоящий из двух церквей и колокольни, утратил свое величие. От человеческой небрежности сгорел ансамбль Кожозерского погоста. В 1963 г. сгорела 25-главая деревянная Покровская церковь, что стояла в с. Анхимово близ г. Вытегры в Вологодской обл. (рис. 1.1). А была она старшей сестрой знаменитого ныне Преображенского храма в Кижях, что славен своим 22-главым завершением (рис. 1.2). Множеством восторженных эпитетов награжден он: «феерия куполов», «деревянное диво», «руко-

\* Ни́и а́и а́и е́а ОАÑÑ «Д́и а́и д́а Е́е æао» (а́а çаòа «Í ðа́а́а», 19.06.84 а.). Í а́ уо́и ò о́и а́а́и è п́ае́и ну́ ðа́е æа́ а́ æо́д́и а́е́о «Ñи́ а́ао́нèèé Ни́ р ç» (1984, <sup>1</sup> 12), «Í а́о́е́а́ а́ ÑÑÑÑ» (1985, <sup>1</sup> 2) è а́ а́д́о́а́е́о è çа́а́и è ýõ.



Рис. 1.1. Покровская церковь

творное чудо», «звезда русского Севера», «жемчужина деревянного зодчества». Так же могли бы назвать и Покровскую церковь на Вытегорском погосте, была бы она жива... Эти горестные воспоминания принадлежат выдающемуся архитектору-реставратору А. Ополовникову [2]. После такой невосполнимой утраты смириться с беззащитностью памятников деревянного зодчества было невозможно. Защита всемирно известного архитектурного ансамбля Кижского погоста стала государственной задачей.

Этой проблемой в 70-е годы занимался Всесоюзный научно-исследовательский институт противопожарной обороны (ВНИИПО) МВД СССР. И казалось, решение было найдено. По предложению канд. техн. наук Е. Иванова оросители спринклерной системы должны были устанавливаться на наружной поверхности главков в прорезанные отверстия, что позволило бы тушить поверхностное возгорание. После проведенных макетных испытаний в соответствии с рекомендациями ВНИИПО ГПИ «Спецавтоматика» (г. Ленинград) разработал проект спринклерной системы противопожарной защиты Преображенской церкви. Однако против этого проекта категорически выступили дирекция музея «Киж», институт «Спецпроектреставрация» и Министерство культуры Карелии. Изрезанные спринклерами купола, километры железных труб с бесчисленным количеством соединений внутри церкви совершенно не соответствовали принципам, заложенным в строительстве этого деревянного храма, построенного без единого гвоздя и не приемлющего железа. Мнение было одно — нужна другая защита, а от этой защиты памятник погибнет значительно раньше, чем от других бед. Поэтому, когда предложили для наружного пожаротушения установить дис-



Рис. 1.2. Преображенская церковь на о. Киж





а



б

Рис. 1.3. Защита лафетными стволами кирхи в Норвегии (а) и японской пагоды (б)

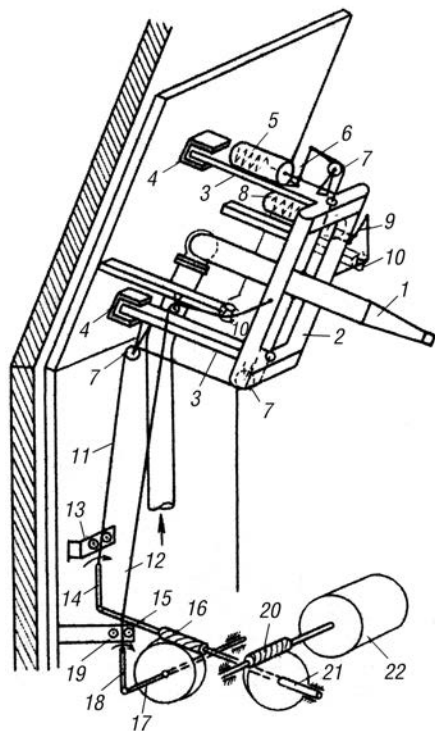


Рис. 1.4. Схема автоматической лафетной установки

танционно управляемые лафетные стволы по периметру Кижского погоста, проект спринклерной системы уже старались не вспоминать, а заместитель министра культуры Карелии Б. Марков тут же изыскал деньги на исследовательские работы [3].

На базе Петрозаводского проектно-конструкторского технологического института (ПКТИ), занимавшегося также внедрением промышленных роботов [4], для проведения работ по новому варианту защиты была создана рабочая группа, в состав которой вошли начальник лаборатории Ю. Горбань, назначенный руководителем темы, и заместитель заведующего отделом Н. Попов, предложивший защитить Кижы лафетными дистанционно-управляемыми стволами.

При проведении научных изысканий в подтверждение правильности выбранного направления защиты Кижей выяснилось, что и в Норвегии для защиты кирх (рис. 1.3,а), и в Японии для защиты пагод (рис. 1.3,б) также используются лафетные стволы. При патентном поиске была обнаружена информация об автоматической лафетной установке (авт. свид. <sup>1</sup> 689683, журнал «Пожарное дело», 1980, <sup>1</sup> 9). Конструктивная схема этого устройства (рис. 1.4) представляла собой ручной лафетный ствол 1 типа ПЛС-40, который перемещался подвижной рамой 2, управляемой системой тросов 11 и 12

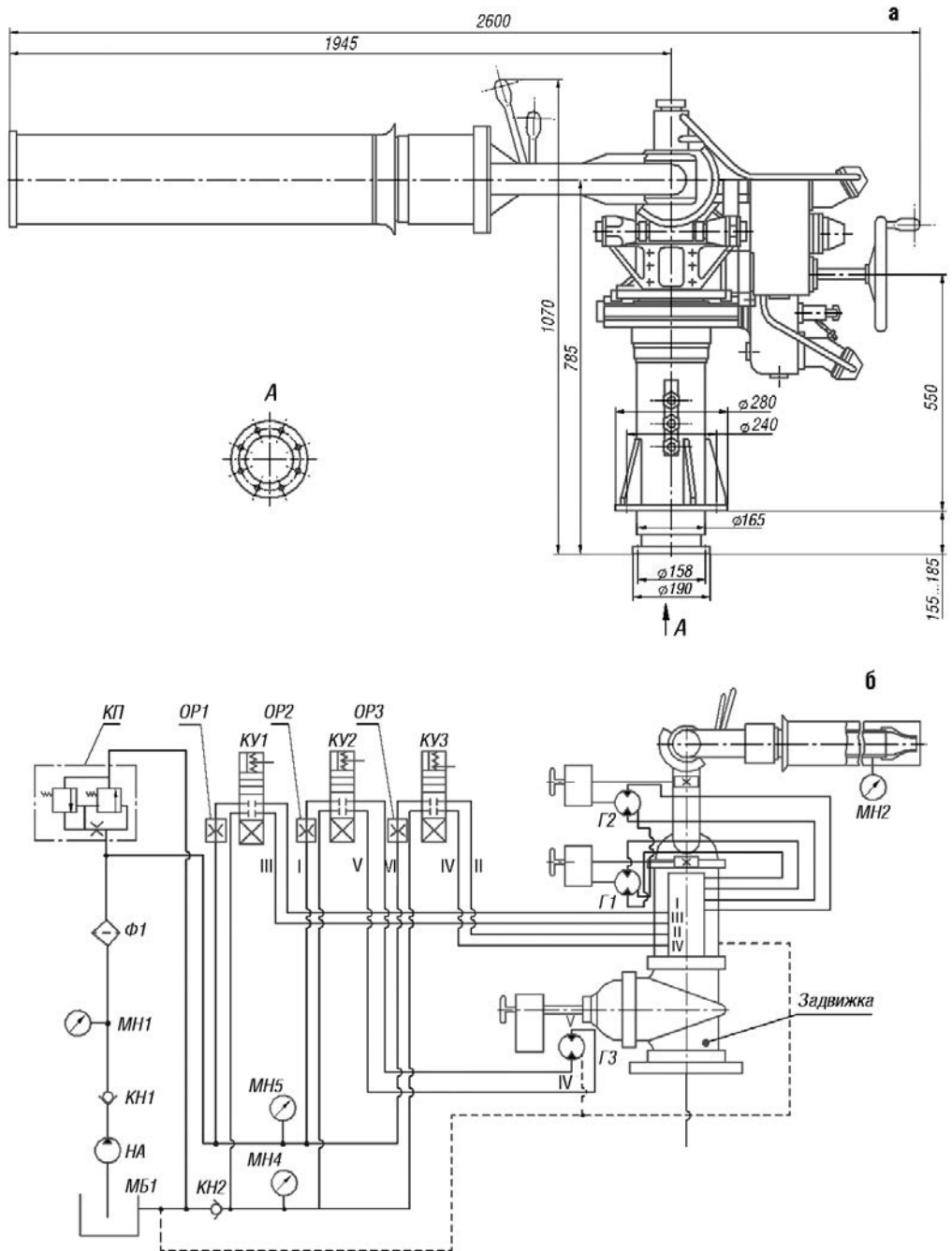


Рис. 1.5. Общий вид сборки (а) и принципиальная гидравлическая схема (б) ЛС-С60Δ

и направляющих роликов 7, приводимых в движение электроприводами 21 и 22. Это устройство больше относилось к испытательному стенду и не соответствовало необходимым диапазонам угловых перемещений, точности позиционирования, требованиям эргономики и техники безопасности, не говоря уже о требованиях, предъявляемых к наружным установкам. Указанные выше ручные лафетные стволы ПЛС-40 выпускались заводом противопожарного машиностроения в г. Ливны Орловской обл. Завод выпускал также лафетные стволы с гидроприводами для пожарных катеров ЛС-С60Д. На рис. 1.5 представлены общий вид и гидравлическая схема ЛС-С60Д. Основные технические показатели приведены ниже.

Номинальное давление перед стволом, МПа . . . . .	0,8
Расход воды при номинальном давлении, л/с . . . . .	60
Длина струи при номинальном давлении по крайним каплям, м, не менее:	
водяной . . . . .	70
пенной . . . . .	40
Потери давления в стволе при подаче 60 л/с, МПа, не более .	0,16
Кратность пены, не менее . . . . .	6
Диаметр выходного отверстия водяного насадка, мм . . . . .	50
Угол поворота ствола, град:	
в горизонтальной плоскости . . . . .	360
в вертикальной плоскости. . . . .	От –15 до 75
Скорость перемещения ствола, град/с:	
гидроприводом . . . . .	5–9
ручным приводом . . . . .	3
Время открывания и закрывания задвижки при максимальной скорости, с:	
гидроприводом . . . . .	55–60
ручным приводом, не более . . . . .	36
Масса ствола с задвижкой Ду 100 с гидроприводом и тумбой, кг, не более . . . . .	405
Габаритные размеры ствола, с задвижкой и тумбой, мм, не более:	
длина. . . . .	2600
ширина . . . . .	1180
высота . . . . .	1600
Рабочее давление в гидросистеме, МПа . . . . .	6–10
Рабочий интервал температур окружающего воздуха, °С . . . . .	От –40 до 45
Усилие на маховиках ручного привода, Н, не более:	
ствола. . . . .	59
задвижки при страгивании/в движении . . . . .	441/147

Наличие громоздких гидростанций и гидроприводов под высоким давлением затрудняло применение лафетных стволов с гидроприводом в условиях острова и в любом случае требовало доработки. Сам завод не проводил опытно-конструкторских работ, а изготовление велось по конструкторской документации ОКБ пожарных машин (г. Прилуки, Украина).

Для создания лафетных стволов с дистанционным и программным управлением Центральный научно-исследовательский институт робототехники и технической кибернетики (ЦНИИ РТК) (г. Ленинград) рекомендовал электропривод, широко применяемый при создании промышленных роботов, что и было принято в новой конструкции. В разработке участвовали инженеры Ю. Горбань, Н. Попов и А. Соколов [3]. Разработчики пошли дальше первоначально поставленной задачи. В результате проведенных работ был создан пожарный робот — автоматическая машина стационарной установки, 2-й степени подвижности, манипулирующая рабочим органом-стволом в сферической системе координат, имеющая перепрограммируемое программное устройство, квалифицируемая по ГОСТ 25686–85 «Манипуляторы, автооператоры и промышленные роботы. Термины и определения» [5] как специальный промышленный робот. Общий вид и структурная схема пожарного робота ЛС-СА60 [6] представлены на рис. 1.6.

Поворотная часть 1 пожарного робота ЛС-СА60 смонтирована на центральной полой оси, запрессованной в основание. Подача воды осуществляется от системы водоснабжения через входной патрубок к тройнику с шарнирными соединениями на входе и выходах и затем непосредственно в ствол 2. В корпусе установлены асинхронные трехфазные электродвигатели типа 4АХ71А6М301 3 и 4 (мощность 0,55 кВт, 920 мин<sup>-1</sup>) для механизмов горизонтальной и вертикальной наводки 5 и 6, представляющих собой червячно-цилиндрические передачи. Для реализации обратной связи по поло-

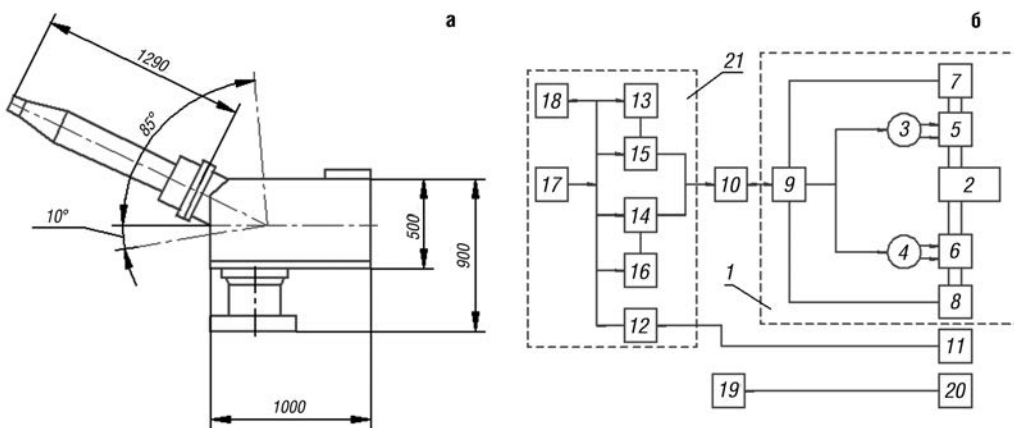


Рис. 1.6. Общий вид (а) и структурная схема (б) пожарного робота ЛС-СА60

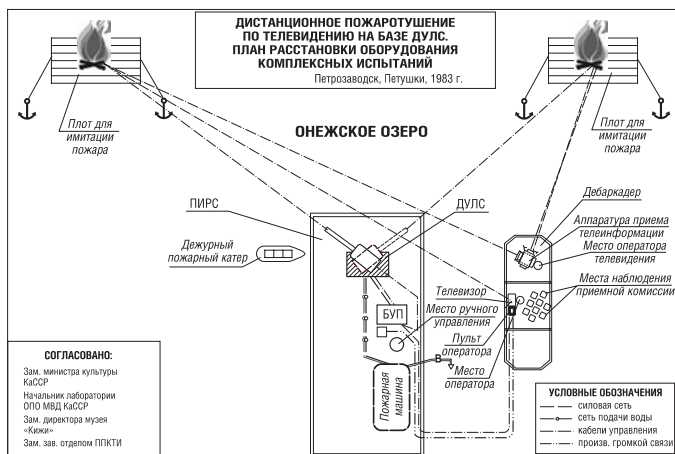
жению в режиме слежения на выходных валах установлены цифровые датчики 7 и 8 типа ПДФ-3. Питание датчиков и передача информации от датчиков по линии связи осуществляются блоком согласования 9. Блок управления приводом (БУП) 10 выполнен в виде напольного шкафа с уплотнением и включает в себя тиристорные пускатели ПТ-16-380р, блок динамического торможения, аппаратуру защиты и ручного управления. Пульт оператора 21 имеет настольное исполнение и включает блоки и платы для управления установкой.

При срабатывании прибора пожарной сигнализации 11 блок автоматического ввода координат 12 определяет в двоичном коде координату очага загорания и вводит информацию в регистры памяти платы задатчиков 13. Плата формирования команд 14 производит сравнение координат по горизонтальному и вертикальному перемещению платы задатчиков 13 с фактическими координатами нахождения ствола, введенными в плату датчиков 15 от датчиков 7 и 8, и вырабатывает исполнительные команды, например «вверх» и «влево». При этом включаются соответствующие группы тириستоров БУП 10, и электродвигатели 3 и 4 через механические передачи 5 и 6 перемещают ствол 2. При подходе к точке позиционирования плата формирования команд 14 подает управляющий сигнал на включение блока динамического торможения БУП 10, ствол 2 фиксируется в заданном положении, и одновременно формируется команда на подачу воды. Автоматический режим совмещен с режимом сканирования; при этом блок сканирования 16 определяет координаты перемещения ствола в фиксированном секторе по заданной программе тушения, и ствол подает воду в расширенном диапазоне. В автоматизированном режиме оператор по информации от видеоконтрольного устройства 19, получаемой от телевизионной камеры 20, определяет зону загорания и с пульта оператора 17 задает координаты перемещения ствола. Фактические координаты положения ствола и задаваемые высвечиваются на индикаторной газоразрядной панели 18. При нажатии на кнопку «Пуск» ствол отработывает заданное перемещение до совмещения координат от датчиков и задатчиков. Основные технические показатели пожарного робота ЛС-СА60 приведены ниже.

Рабочее давление воды в стволе, МПа . . . . .	8–12
Расход воды при номинальном давлении, л/с . . . . .	60
Эффективная дальность водяной струи при давлении 0,8 МПа, м . . . . .	44
Угол поворота ствола, град:	
в горизонтальной плоскости . . . . .	360
в вертикальной плоскости . . . . .	95
Скорость углового перемещения ствола, град/с:	
в горизонтальной плоскости . . . . .	13,8
в вертикальной плоскости . . . . .	13,3

Тип привода . . . . .	Электромеханический
Вид управления . . . . .	Автоматический (программный), дистанционный, ручной
Количество заложенных программ . . . . .	1
Количество оперативно изменяемых программ . . . . .	1
Масса робота, кг . . . . .	200
Климатическое исполнение . . . . .	У1
Условия эксплуатации при наружной установке:	
температура, °С . . . . .	От –50 до 50
относительная влажность, % . . . . .	До 98

Испытания пожарного робота проводились в 1983–1984 гг. летом и зимой (рис. 1.7). Во время испытаний отрабатывалось дистанционное наведе-



ние струи на очаг загорания по информации от видеоконтрольного устройства, тушение по заданной программе строчными струями в автоматическом режиме; проводилась отработка всех функциональных команд, а также замеры технических показателей. Большая практическая помощь в проведении испытаний была оказана начальником Исследовательской пожарной лаборатории Л. Сидоренковым, его заместителем С. Широковым и начальником отдела пожарной охраны МВД Карелии Н. Левчуном. В соответствии с решением комиссии по результатам испытаний пожарный робот был установлен на Кижском погосте в наиболее пожароопас-



Рис. 1.7. Испытания пожарного робота в 1983–1984 гг.

ном месте (рис. 1.8). По проблеме применения пожарных роботов для защиты памятников деревянного зодчества Министерством культуры Карелии в Кижях было организовано техническое совещание с участием головных организаций страны по пожарной безопасности [7]: ВНИИПО МВД СССР, Высшей пожарно-технической школы (г. Москва), ЦПКБ «Спецавтоматика» (г. Калинин), ГПИ «Спецавтоматика» (г. Ленинград), а также института «Спецпроектреставрация» и музея «Кижь» (рис. 1.9). Участникам совещания была продемонстрирована работа пожарного

робота в условиях объекта применения: как по телевизионному экрану на значительном расстоянии можно управлять роботом, как задавать ему различные программы. Ознакомившись с новой разработкой, они поддержали

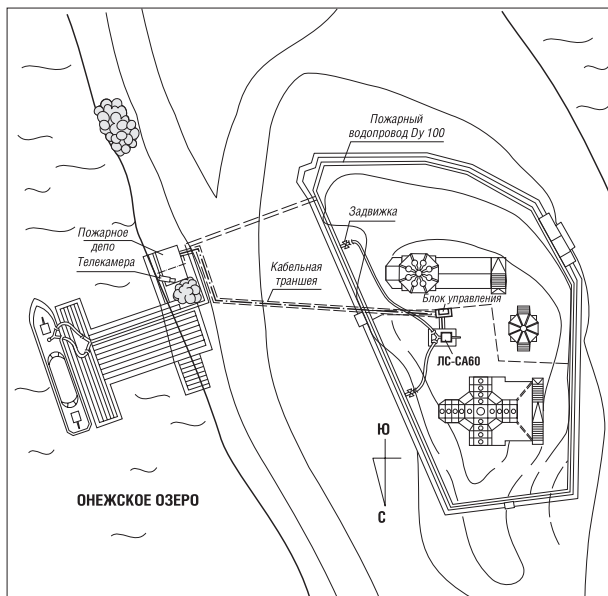


Рис. 1.8. План-схема размещения ЛС-СА60 на территории Кижского погоста



Рис. 1.9. Техническое совещание с участием головных организаций страны по пожарной безопасности по проблеме защиты Кижей

принятые решения и рекомендовали их для применения в других отраслях народного хозяйства.

Два года стоял первый пожарный робот на боевом посту в Кижях, на «горячем пятачке», в центре между иссушенными веками деревянными исполинами — Преображенской и Покровской церквями и колокольней — там, где невозможно находиться человеку, когда бушует огненная стихия. Менялись пожарные смены,

а он днем и ночью, летом и зимой нес свою службу, а служить ему надо было 10 лет. Однако не пришлось пожарному роботу служить 10 лет. А почему, об этом будет сказано в следующей главе.

## **ГЛАВА 2. Пожарные роботы на Чернобыльской АЭС**

В ночь на 26 апреля 1986 г. произошла авария на Чернобыльской АЭС. Первыми в борьбу с огнем вступили пожарные. Они работали на высоте 70 м, под постоянной угрозой новых взрывов, в условиях жесткого радиоактивного излучения. Кипящий битум прожигал сапоги, ядовитый дым затруднял дыхание, невидимые смертоносные лучи пронзали тело. Но шаг за шагом огнеборцы упорно продвигались вперед, не давая возможности пламени перебраться на соседние объекты. И они победили: на большинстве участков пожар был локализован или полностью ликвидирован. Они победили, но жизни их оказались на волоске от смерти. За них долго боролись медики, но безуспешно: все они погибли.

На смену первому отряду, принявшему на себя огонь и смертоносные лучи, пришли солдаты химических войск и «ликвидаторы». Им тоже пришлось забираться на эту кровлю, на отметку 70 м, и заниматься удалением циркониевых трубок и прочего радиоактивного мусора от разорвавшегося ядерного чрева, которое через излучение, воздушные массы, осадки заражало все и надолго.

По телеграмме Министра внутренних дел СССР А. Власова первый пожарный робот был демонтирован с Кижского погоста, погружен в вертолет и срочно отправлен в Москву в Научно-исследовательский и конструкторский институт монтажной технологии (НИКИМТ) Минсредмаша, где в экстренном порядке по законам военного времени готовилась техника для ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС [8]. Туда же были направлены разработчики Н. Попов, Ю. Горбань и наладчик Е. Заваренский.

Как-то были показаны документальные кадры с места аварии, с той самой кровли на отметке 70 м, как солдаты химических войск снимают лопатами радиоактивные обломки из битума и выкидывают их в могильник — строящийся саркофаг. Со стороны казалось, что они движутся по раскаленной сковородке: такое напряжение чувствовалось от близкого присутствия этого невидимого, коварного и чрезвычайно опасного врага — радиации. Все понимали, что нельзя туда посылать людей и принимали меры. С этой целью были закуплены мобильные роботы из ФРГ с манипуляторами, но они тут же вышли из строя. От сильной радиации отказывало все: электроника, аккумуляторы, оптика телекамер. Около 15 роботизированных модульных конструкций для радиационной разведки и очистки кровли на



Чернобыльской АЭС было создано в ЦНИИ РТК, но этого было явно недостаточно.

Перед специалистами из Петрозаводского ПКТИ была поставлена задача в рекордно короткие сроки создать дистанционно и программно управляемые гидромониторы с целью использования гидромеханического воздействия струи для удаления радиоактивных отходов с кровли сооружений Чернобыльской АЭС. К технике предъявлялись особые требования — это высоконадежная работа под высоким давлением, при высокой радиации. Ведь при отказе дистанционного или программного управления эту работу надо будет делать уже на самом объекте в ручном режиме. Кроме доработки Кижского робота ЛС-СА60, необходимо было доработать и незаконченную конструкцию на гидромониторы ПЛС-С20А и ПЛС-20П с расходом 20 л/с соответственно с дистанционным и программным управлением.

Для защиты от радиации были применены асинхронные двигатели. Схемы управления рассчитывались на большие токи и высокое напряжение, а коммутационные элементы применялись только с гальванической развязкой. Все это затем, безусловно, сказалось на надежности изделий. Работы по разработке конструкций и изготовлению четырех гидромониторов, на которые прежде уходили годы, были выполнены за три недели. Конечно, большая заслуга в этом НИКИМТа, имеющего значительные производственные мощности. На рис. 1.10 показаны гидромониторы на испытаниях в НИКИМТе перед отправкой в Чернобыль.



Рис. 1.10. Испытания гидромониторов перед отправкой в Чернобыль

Из письма директора НИКИМТа Ю. Ф. Юрченко (№ 30-09/7662 от 01.07.86 г., г. Москва), адресованного директору Петрозаводского ПКТИ Е. Г. Немковичу:

*«В соответствии с Постановлением Совмина СССР «О ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС» в период с 05.06.86 г. по 01.07.86 г. сотрудники Вашего института принимали участие в работах по применению разработанной Вами техники в зоне Чернобыльской АЭС.*

*За указанный период при непосредственном участии представителей ППКТИ были выполнены следующие работы:*

- проведена частичная доработка конструкции и системы управления гидромонитора ЛС-СА60, оснащенного телекамерой;*
- изготовлены гидромониторы ПЛС-С20А с дистанционным управлением (2 шт.) и ПЛС-С20П с дистанционным и программным управлением;*
- разработана техническая документация на гидромониторы специального назначения;*
- при участии представителей ГУПО и ВНИИПО МВД СССР проведены испытания гидромониторов на гидродинамическое воздействие водяной струи, результат которых удовлетворяет поставленным задачам;*
- укомплектован и отправлен на ЧАЭС ПЛС-С20А (1 шт.), остальные гидромониторы подготовлены к отправке».*

Благодаря применению гидромониторов была очищена значительная часть кровли (рис. 1.11) и спасено здоровье многих солдат химических войск. Был построен саркофаг. Строительные работы саркофага велись с использованием вертолетов, кранов и дистанционного управления техникой по удалению радиоактивных обломков с использованием телекамер из подземного бункера.

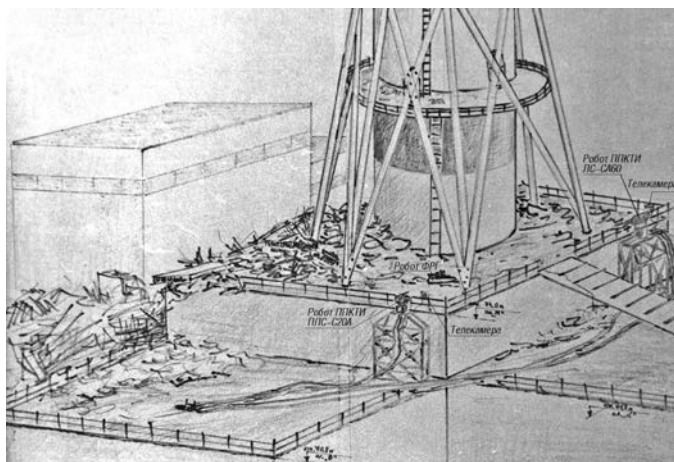


Рис. 1.11. Вид кровли АЭС после аварии

Из отзыва о работе гидромониторов заместителя главного инженера Чернобыльской АЭС В. С. Галушака: *«Гидромониторы предназначены для смыва водной струей с давлением до 12 атм р/а источников, находящихся на кровлях 3-го блока Чернобыльской АЭС. Гидромониторы снабжены дистанционной кабельной системой управления и телевизионного наблюдения. Подача воды*

осуществляется насосом ЦНС 105-294 производительностью 105 м<sup>3</sup>/ч. Монитор ПЛС-С20А был установлен на кровлю площадки «В», отм. +70,8 м с помощью вертолета 15.09.86 г. и запущен в работу 16.09.86 г. С его помощью была очищена значительная часть площадки. Гидромонитор ЛС-СА60, смонтированный на специальной раме высотой 5,5 м, установлен на площадке «Л» 21.09.86 г. и с его помощью успешно очищена часть трубной площадки «М». 23.09.86 г. гидромонитор с помощью вертолета переустановлен на площадку «К», отм. 70,8 м с целью очистки части площадки «М» в сторону развала. Струей воды были сброшены мелкие куски и части конструкции весом до 10 кг. Целые блоки и крупные обломки были сдвинуты к опоясывающей площадке пожарной трассе, перебросить через которую их не удалось. Разработанные гидромониторы позволили выполнить важный объем работ в условиях повышенной опасности. Считаю выбранные технические решения правильными и глубоко перспективными».

Первый пожарный робот и подобные ему экстренно созданные роботы заменили людей в угрожающе опасных местах и сделали за них большую работу, сберегая их здоровье и жизнь. Первая пожарная команда роботов была захоронена в чернобыльском саркофаге. Однако в конструкторской документации остались их «коды», по которым можно воспроизводить и далее совершенствовать этих появившихся на свет и уже проявивших себя пожарных роботов — «железных огнеборцев».

### **ГЛАВА 3. Золотая медаль ВДНХ «железному огнеборцу»**

Пожарные стволы — основное оружие огнеборцев, с которым они врукопашную вступают в борьбу с огненной стихией. Лафетные стволы многократно усиливают мощность технических средств подавления огня. С их применением контактное расстояние до огневого фронта увеличивается соответственно радиусу действия струи. Тем не менее это опасная зона с высокой тепловой радиацией, возможностью разрушения конструкций и взрывных выбросов пламени. В этих экстремальных условиях, в которых нахождение человека связано с высоким риском для жизни, большие надежды возлагаются на «железных огнеборцев» — лафетные стволы с дистанционным управлением и пожарных роботов. Пожарный робот во многом соответствует мечтам пожарных о борьбе с огнем: он круглосуточно следит за доверенной ему зоной защиты и в случае загорания быстро и точно направит на очаг огня мощный заряд воды или пены. Площадь, которую защищает один пожарный робот, составляет 5000–12000 м<sup>2</sup> при расходе воды 20–60 л/с. Наибольшее практическое применение в установках автоматического пожаротушения получили стационарные пожарные роботы на базе пожарных лафетных стволов с дистанционным управлением.

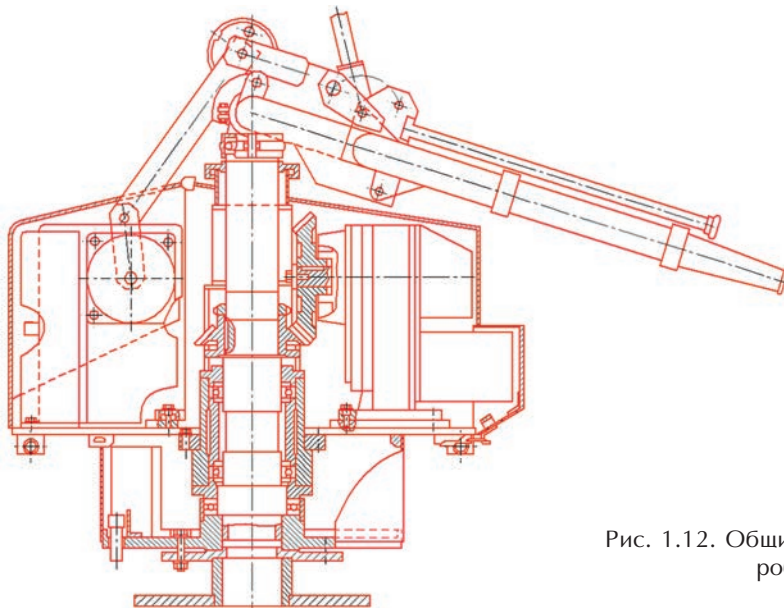


Рис. 1.12. Общий вид пожарного робота

С появлением первого практического опыта использования пожарных роботов началось более основательное исследование новых технологий пожаротушения. Во ВНИИПО в 80-е годы была создана группа специалистов по пожарной робототехнике под руководством канд. техн. наук Л. Мешмана. В проводившихся работах определялись основные показатели пожарных роботов, вводились новые термины и определения, выполнялись практические исследования по баллистике струй для выработки рекомендаций по применению.

В лаборатории пожарных роботов Петрозаводского ПКТИ (после реорганизации ГПИ «Спецавтоматика») продолжались работы по совершенствованию конструкции пожарных роботов, повышению технологичности их изготовления и организации серийного производства. За основу был взят модульный принцип с использованием компонентов, уже выпускаемых промышленностью. Именно этот подход позволил в короткие сроки изготовить партию пожарных роботов для Чернобыльской АЭС. Были также приняты конструктивные решения по снижению гидравлических потерь и повышению дальности подачи струи.

На рис. 1.12 представлен общий вид конструкции пожарного робота, созданного в Петрозаводской лаборатории пожарных роботов. В качестве исполнительных механизмов использовались электрические однооборотные механизмы типа МЭО Чебоксарского завода НВА. Кроме того, пожарный робот дополнительно был укомплектован телекамерой ПТУ-45-1, устройством технического зрения (авт. свид. <sup>1</sup> 1280418, Петрозаводский ПКТИ)



Рис. 1.13. Ю. Горбань, Н. Попов, А. Матвеев — разработчики пожарного робота РУП-С20-П1-2

и видеоконтрольным устройством (рис. 1.13). Этот пожарный робот был одобрен специалистами пожарного дела как возможная перспектива замены пожарных на опасных для человека участках и удостоен золотой медали ВДНХ в 1987 г. (рис. 1.14).

Пожарный робот РУП-С20-П1-2 прошел межведомственные комплексные испытания (рис. 1.15) и по акту приемки, утвержденному в МВД СССР, был рекомендован для применения на различных пожароопасных объектах народного хозяйства.

Основные технические показатели пожарного робота РУП-С20-П1-2 приведены ниже.

Номинальное давление на входе, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) . . . . .	0,8 (8)
Расход воды при диаметре насадка 28 мм и номинальном давлении, л/с . . . . .	24
Максимальная дальность сплошной водяной струи, м . . . . .	60
Условный проход присоединительной арматуры, мм . . . . .	80
Усилие на рукоятке при работе вручную, кгс (Н) . . . . .	До 12 (120)
Скорость перемещения ствола, град/с. . . . .	9



Рис. 1.14. Золотая медаль ВДНХ 1987 г.



Рис. 1.15. Испытания РУП-С20-П1-2

Угол поворота ствола, град:	
в горизонтальной плоскости . . . . .	240
в вертикальной плоскости . . . . .	От –15 до 75
Тип привода . . . . .	Электромеханический
Вид управления . . . . .	Автоматический (программный), дистанционный ручной
Количество заложенных программ . . . . .	1
Количество оперативно изменяемых программ . . . . .	1
Чувствительность обнаружения загораний . . . . .	0,1 м <sup>2</sup> на расстоянии 20 м
Рабочая температура окружающего воздуха для исполнительного устройства, °С . . . . .	От –40 до 40
Режим работы. . . . .	Автоматический, дистанционный, супервизорный, ручной
Масса манипулятора, кг . . . . .	280

## ГЛАВА 4. Первые пожарные роботы для машинных залов АЭС

Крупномасштабная катастрофа на Чернобыльской АЭС и вытекающие из нее последствия, коснувшиеся многих стран, вызвали большой резонанс во всем мире. И все несовершенное, что обнажилось тогда, не могло быть оставлено без внимания.

Все узнали о героическом подвиге пожарных, были приняты экстренные меры по ликвидации последствий аварии; созданы устройства, позволяющие с наименьшим риском работать в экстремальной зоне. Но все это делалось только для одного объекта, на который смотрит весь мир. А как быть с пожарной безопасностью на других, аналогичных, объектах?

Эта проблема была поднята в статье «Кого послать в огонь» (Ю. Горбань, газета «Правда», 09.03.88 г.). По материалам этой статьи была организована встреча в Минатомэнерго, после которой, по сути, начался новый этап в создании пожарных роботов. Тема по разработке конструкторской документации пожарного робота для машинных залов АЭС была включена в План НИОКР МНТК «Прогресс» (утвержденный Председателем Бюро Совета Министров СССР по топливно-энергетическому комплексу 02.04.88 г.).

Ответственными исполнителями по этой теме были назначены Институт физико-технических проблем (ИФТП), ВНИИПО МВД СССР, ГПИ «Спецавтоматика» — лаборатория пожарных роботов.

#### 4.1. Цель разработки. Наименование и назначение устройства

Цель разработки — создание роботизированного устройства, позволяющего при возникновении пожара на объекте в зоне обслуживания автоматически или по указанию оператора принимать эффективные меры по охлаждению ферм перекрытия машинного зала АЭС.

Устройство по классификации ВНИИПО должно было представлять собой стационарный ствольный пожарный робот, оснащенный микропроцессорной системой управления

#### 4.2. Выбор конструкции пожарного робота для АЭС

Для сопоставления технических характеристик устройства с требованиями к пожарному роботу для АЭС были рассмотрены отечественные и зарубежные аналоги: РУП-С20-П1-2 (СССР), ДКБ10 (Югославия), МК-150 (фирма «Skum», Швеция). Основные технические показатели этих роботов приведены в таблице.

**Основные технические характеристики пожарных роботов отечественного и зарубежного производства**

И î èàçàðàëü	Ï î æàððí ù é ðí áí ò äëü ÄÝÑ (í îí àëò)	ÐÓÏ -Ñ20-Ï 1-2 (ÑÑÑÐ)	ÄÊÁ-10 (Ð äí ñëààëëü)	Ì Ê-150 (Ø äàòòëü)
Äëà ðàáí -äâí î ðàáí à	Ï î æàððí ù é ñàáí ë			
Í îí èí àëüí î à äàäëáí èä, Ì Î à	0,8	0,6	1,2	1,2
Ðàññîí ä äí äü î ðë í îí èí àëü-í îí äàäëáí èè, äí <sup>3</sup> /ñ	20–40	19	166	166
Ì àëñèí àëüí äü äàëüí î ñòó í î äà-è ñí èí ø í í é äí äýí í é ñòðòòè, ì	60	60	120	–
Äðàí ý í äí ðàðó äí í é ðàáí -òó í î òòø äí èð, ÷, í äí äí ää	12	–	–	–
Óä é í î äí ðí òà, äðàä: – ä äí ðèçí í òàëüí í é í èí ñéí ñòè – ä äàðòòèèàëüí í é í èí ñéí ñòè	240 Í ò –55 äí 90	225 Í ò –12 äí 80	270 Í ò –30 äí 80	340 –
Óäí è ñëàí èðí ääí èý î ðë ðà-áí òà í î í ðí äðàí ì ä ä äàðòòè-èàëüí í é è äí ðèçí í òàëüí í é í èí ñéí ñòýð, äðàä	5–90	14	–	–

Окончание таблицы

Ï í èàçàðàëü	Ï í æàðí ù é ðí áí ò äëÿ ÆÝÑ (í ðí àèð)	ÐÓÏ -Ñ20-Ï 1-2 (ÑÑÑÑÐ)	ÄËÁ-10 (Ð äí ñëààëÿ)	Ï Ê-150 (Ø ààðëÿ)
Ñëí ðí ñòó í àí ðààëáí èÿ á äí - ðëçí í ðàëíí í é è áàððèèàëü- í í é í èí ñëí ñòÿð, äðàä/ñ, í á ì áí áá	9	9	9	–
Ñëí ðí ñòó í áðáí àó áí èÿ í ðè í í àà-á í áí àðòø àó ááí áá- ù áñòàà, äðàä/ñ	2–9	9 (í áí í ñëí - ðí ñòí í é)	9 (í áí í ñëí - ðí ñòí í é)	– (í áí í ñëí - ðí ñòí í é)
Ï àëñèì àëíí áÿ ááñí èð ðí áÿ í í áðáø í í ñòó í í çèòè í èðí - ááí èÿ, äðàä	1	1,5 (í ðè áó - áðáí í í èð ò äá)	–	–
×èñëí ñòáí áí áé ñáí áí áó	2	2	2	2
Äëá í ðèáí áá	Ýëàèððí ì áðáí è-áñèèé			
Í áí ðÿæáí èá í èðáí èÿ	220 Á, 50 Äö	220 Á, 50 Äö	380/220 Á, 50 Äö	380/220 Á, 50 Äö
Óñòáí í àëáí í ù é ñðí è ñëóæ- áó, èáð	10	–	–	–
Ëñí í èí áí èá	Äóó çáí çàó èó áí í í á			
Ï áññà ì áí èí óëÿðí ðà (ááç áí - áí çáí í ðí í é äðí àðòðó), èá	100	280	265	203
Ï áññà í óëÿðà óí ðààëáí èÿ (ááç çàó èòó ñàèí óí ì ð ðààëí àèðèáí í áí áí çáí áé ñò- àëÿ), èá	60	100	–	–

Главным отличием отечественного аналога от зарубежных являлось наличие позиционных датчиков для организации обратной связи по положению, позволяющих организовать следящую систему точного наведения ствола, необходимую для охлаждения конструкций машинного зала АЭС. Зарубежные аналоги отличались более легкой конструкцией.

### 4.3. Состав пожарного робота для АЭС

В результате работ, проведенных Лабораторией пожарной робототехники ГПИ «Спецавтоматика», по разработанным техническим требованиям и с учетом данных, полученных при изучении отечественных и зарубежных аналогов, был создан пожарный робот РПУ-20В-01, который включал в себя следующие основные функциональные элементы:



- *пожарный монитор* — исполнительный орган пожарного робота: осуществляет формирование струи воды и направление ее по заданной траектории путем приема и исполнения команд, поступающих от системы управления роботом;

- *местный пульт управления (МПУ)* — управляющее устройство пожарного робота: формирует команды управления пожарным монитором в соответствии с положением коммутационных устройств и задатчиков, расположенных на панели управления, а также с сигналами дистанционного управления от центрального пульта управления (ЦПУ);

- *электроконтактный манометр*: сигнализирует о факте подачи воды в пожарный монитор;

- *спринклерные оросители*: предназначены для охлаждения пожарного монитора и МПУ при температуре окружающей среды выше 70 °С.

На рис. 1.16 представлен общий вид пожарного монитора, разработанного для АЭС (авт. свид. <sup>1</sup> 1824207, заявитель — ГПИ «Спецавтоматика»). Пожарный монитор содержит основание 1, на котором установлен стояк 2. На стояке закреплен корпус 3, включающий в себя колено 4 с уплотнением 5 и опирающийся на упорный подшипник 6. Корпус имеет возможность поворота на двух подшипниках 6 и 7 относительно стояка.

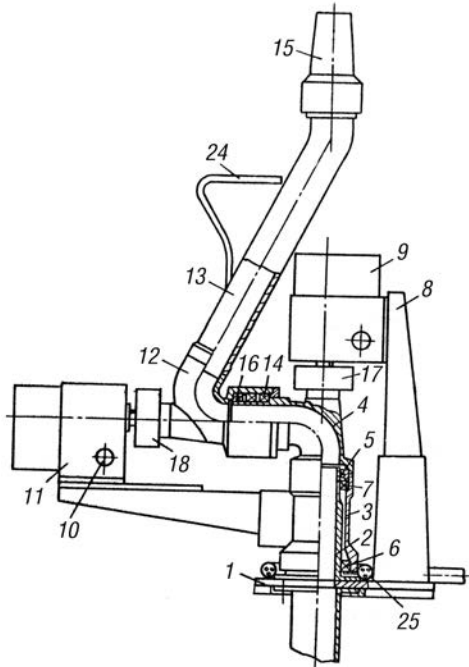


Рис. 1.16. Общий вид пожарного монитора

На основании 1 установлен также кронштейн 8, на котором расположен механизм горизонтального наведения 9; на корпусе 3 закреплен кронштейн 10, на котором расположен механизм вертикального наведения 11. Колено 4 соединено с коленом 12 ствола 13, имеющего возможность поворота на двух подшипниках 14. Ствол 13 включает в себя насадок 15 и уплотнение 16. Механизмы горизонтального и вертикального наведения 9 и 11 своими выходными валами установлены по осям вращения корпуса 3 и ствола 13 и соединены с корпусом и стволом через стыковочные узлы 17 и 18. Механизмы наведения 9 и 11 выполнены на базе механизмов электрических однооборотных МЭО/63-063-82, в которых в качестве электродвигателей используются двигатели по-

стоянного тока СД-75Д-27В ( $7500 \text{ мин}^{-1}$ ), а в качестве датчиков положения — потенциометры ПТП12-1-1к ( $\pm 5 \%$ ).

МПУ включает в себя комплектные электроприводы ЭПУ2-1 для управления двигателями по скорости и реверсированию, микропроцессор программируемый МВ57.02, панель обучения.

На лицевой панели МПУ установлен переключатель «Режим работы», которым задается ручной режим или одна из восьми программ: семь — по отработке траектории, одна — оперативная. Переключателями скорости задаются скорости перемещения ствола в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а кнопками управления «Вверх», «Вниз», «Влево», «Вправо» — направление перемещения. При работе по оперативной программе переключателем «Площадь сканирования» задается площадь сканирования, переключателем «Шаг сканирования» — шаг сканирования, тумблером «Работа оператора» — режимы «Обучение» или «Пуск ПР», а тумблером «Пуск воды» включается электроventиль подачи воды.

#### 4.4. Описание работы пожарного робота для АЭС

Работа пожарного робота может осуществляться в дистанционном режиме от центрального пульта управления (ЦПУ) и местном — от МПУ.

*Дистанционное управление.* При получении управляющего сигнала от ЦПУ с указанием программы работы пожарный монитор автоматически наводится в рабочую зону, формирует сигнал готовности. После сигнала от ЦПУ на пуск включается электроventиль подачи воды, и начинается отработка заданной программы: вода от системы пожарного водоснабжения через открытый электроventиль поступает в пожарный монитор, который формирует струю воды и направляет ее на защищаемую поверхность. Траектория перемещения по перекрытию машинного зала определяется заранее заданной программой, которая циклически повторяется.

*Местное управление* осуществляется непосредственно с МПУ. В этом случае оператор сам выбирает одну из программ, предварительно переведя установку в режим местного управления. При необходимости тушения локальных очагов пожара оператор включает МПУ на оперативную программу, наводит кнопками управления ствол на очаг пожара и кнопками «Пуск ПР» и «Пуск воды» включает установку. Пожарный монитор обрабатывает программу строчного сканирования струей по площади загорания. Оператор ручками управления может изменять размеры площади сканирования и интенсивность орошения, меняя скорость и шаг сканирования, а также смещать зону орошения.



Рис. 1.17. Партия пожарных роботов для Ленинградской АЭС

В случае отказа системы управления наведение ствола и изменение скорости наведения осуществляются органами ручного управления, включенными непосредственно в цепь управления электроприводами. При исчезновении электропитания установки или неисправности в блоках управления электроприводом наведение пожарного монитора должно осуществляться непосредственно рычагами управления вручную.

На рис. 1.17 представлена партия пожарных роботов с МПУ перед отправкой на Ленинградскую АЭС.

Основные технические показатели пожарного робота РПУ приведены ниже.

Вид рабочего органа . . . . .	Пожарный ствол с насадком $\varnothing 28$ мм
Номинальное давление, МПа . . . . .	0,8
Расход воды при номинальном давлении, л/с . . . . .	24
Дальность подачи по крайним каплям водяной струи при номинальном давлении, м, не менее . . . . .	60
Угол поворота, град:	
в горизонтальной плоскости . . . . .	240
в вертикальной плоскости. . . . .	От $-55$ до $90$
Угол сканирования при работе по программе, град:	
в горизонтальной плоскости . . . . .	От $0$ до $240$
в вертикальной плоскости. . . . .	От $0$ до $145$
Скорость перемещения ствола при подаче воды, град/с . . . . .	$1-9$
Погрешность позиционирования при повторяемости движений, град . . . . .	1
Вид привода . . . . .	Электромеханический
Напряжение питания, В . . . . .	27
Установленный срок службы, лет . . . . .	10
Исполнение . . . . .	Брызгозащищенное
Масса монитора (без водозапорной аппаратуры), кг, не более . . . . .	100
Вид управления. . . . .	Программный, ручной, дистанционный
Количество одновременно заложенных программ, не менее . . . . .	8
Цикл отработки программ одного прохода, мин . . . . .	1
Количество оперативно изменяемых программ . . . . .	1

Как видно из технических показателей, пожарный робот РПУ-20В-01 в сравнении со своими предшествующими аналогами значительно снизил массу за счет принятой компоновки конструкции, позволившей избежать установки дополнительных зубчатых передач и, как следствие, отказаться от массивного кожуха с основанием. Применение шарнирных шариковых соединений на потоконаправляющих патрубках ствола уменьшило сопротивление нагрузки и позволило значительно снизить мощность и, соответственно, габариты и массу моторов-редукторов. Пожарный робот имел также широкий диапазон скоростей, высокую точность позиционирования. В программы можно было закладывать сложные траектории перемещения ствола, необходимые, в частности, для перемещения струи по балкам перекрытия машинного зала АЭС.

Партия пожарных роботов, изготовленных Лабораторией пожарной робототехники, была отправлена на Ленинградскую АЭС и установлена в машинном зале, проект защиты которого разработал ГПИ «Спецавтоматика». Разрабатывались также проекты защиты машинных залов АЭС с применением пожарных роботов на Игналинской АЭС (Литва) и АЭС в Энергодаре (Украина). Но наступили 90-е годы, и работы были остановлены.

## **ГЛАВА 5. Серийное производство пожарных роботов и ствольной пожарной техники в России**

Основу пожарного вооружения составляет ствольная пожарная техника как основное средство тушения пожаров. Масштаб пожара принято определять количеством задействованных стволов, которые составляют непосредственно вооружение пожарных машин. Все индустриально развитые страны имеют арсенальные заводы по выпуску именно этого боевого вооружения пожарных, с которым они идут в бой с огнем.

В 90-е годы XX века технический арсенал пожарной техники в России почти не пополнялся. Да и что можно было сделать на маломощной производственной базе, разбросанной по СНГ? В некоторых отраслях промышленности пожарное вооружение стало комплектоваться разнокалиберной импортной техникой из разных стран.

Положение усугублялось тем, что отечественная ствольная техника была на уровне разработок первых послевоенных лет, имела низкую эффективность, связанную собственно с самим устаревшим способом подачи воды на тушение, когда сплошная монолитная струя проваливалась в пламя, в связи с чем вода подавалась в чрезмерном количестве, что приводило к негативным последствиям пожаротушения.

К этому времени пожарные других стран уже успешно применяли универсальные пожарные стволы с распыленными струями. Достоинством таких стволов является:

- высокая эффективность пожаротушения, обусловленная значительным объемным поглощением тепловой энергии ввиду многократного увеличения контактной поверхности воды;
- возможность подачи пены без смены насадка;
- высокая дальность подачи пены;
- возможность формирования широкого спектра струй с изменяемым углом распыления — от сплошной струи до распыленной с углом факела 120°.

Имея опыт применения таких универсальных стволов с распыленными струями в составе пожарных роботов и учитывая потребность этих изделий в стране, на предприятии ЗАО «Инженерный центр пожарной робототехники «ЭФЭР» поставили задачу разработки отечественной современной ствольной пожарной техники по российским стандартам с организацией ее серийного выпуска на специализированном заводе (рис. 1.18). Разработка новых изделий велась в течение ряда лет с проведением всесторонних испытаний и сертификации изделий. Работы проводились при тесном взаимодействии с ВНИИПО МЧС РФ, в частности с отделом 2.1 под руководством канд. техн. наук Е. А. Синельниковой.

В настоящее время ЗАО «ЭФЭР» занимает лидирующее место в России и СНГ в области разработки и производства пожарных роботов и роботизированных установок пожаротушения (РУП) (по ГОСТ Р 53326–2009), пожарных лафетных стволов (по ГОСТ Р 51115–97) и ручных пожарных стволов (по ГОСТ Р 53331–2009). Номенклатура выпускаемой продукции в различных исполнениях составляет более 100 наименований (рис. 1.19).

Совершенствование продукции и разработка новых изделий ведутся конструкторским бюро комплексно — по механике, гидравлике, электронике и программированию. В состав предприятия входит завод пожарных роботов,

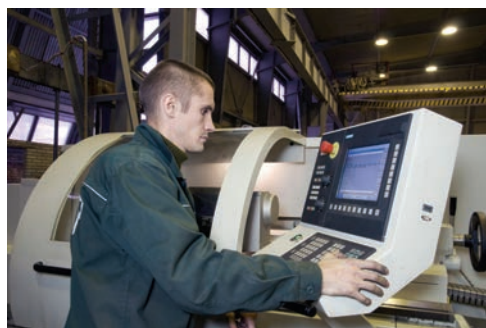


Рис. 1.18. Главный пролет механообрабатывающего цеха завода пожарных роботов (слева). Работа на станке с ЧПУ (справа)



Рис. 1.19. Продукция ЗАО «ЭФЭР»: а — детали насадков; б — шкаф устройства сопряжения с объектом ШК-УСО

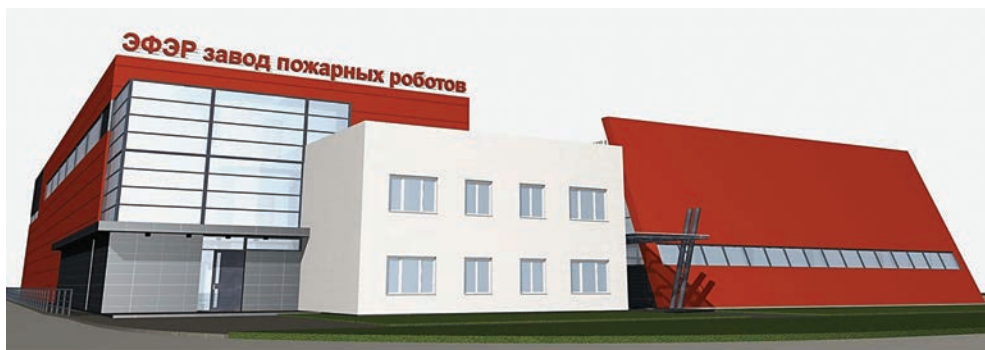


Рис. 1.20. Завод пожарных роботов по проекту реконструкции

имеющий современную технологию производства (рис. 1.20), сертифицированный в Системе международного стандарта качества ИСО 9001:2008. Продукция, выпускаемая предприятием, сертифицирована в системе стандартов пожарной безопасности и ГОСТ Р, соответствует требованиям морского регистра и взрывозащиты по условиям объектов применения. Изделия выпускаются на уровне мировых стандартов. Новизна технических решений подтверждена патентами.

Для защиты объектов с применением пожарных роботов проектным отделом разрабатываются проекты по автоматическому пожаротушению с применением пожарных роботов и лафетных стволов с осцилляторами, пожарной сигнализации и теленаблюдения. Дочерним предприятием «ЭФЭР-Сервис» производятся монтажные и пусконаладочные работы, а также сервисное обслуживание.

Распространению новых технологий пожарной робототехники способствует и создание представительств в Москве, Киеве, Гомеле, Нордике (Норвегия), Астане.

Основными огнетушащими веществами, применяемыми для тушения пожаров с использованием ствольной техники, являются жидкости или газожидкостные составы. В гидравлике (*механике жидкости и газа*) изучаются свойства, законы движения и равновесия жидкости.

В 1959 г. были опубликованы работы Н. А. Тарасова-Агалакова по гидравлике в пожарном деле [9] и А. А. Родэ по лафетным стволам [10]. Однако с тех пор в пожарной технике произошли значительные изменения. Актуальные и по сей день положения упомянутых работ вместе с основными законами и понятиями гидравлики, а также исследования последних лет нашли отражение в настоящей книге применительно к современной ствольной технике.

## ГЛАВА 1. Основные физические свойства жидкости



Жидкость — это агрегатное состояние вещества, промежуточное между твердым и газообразным, в котором могут быть многие вещества окружающей нас природы. Достаточно сказать, что вода — самое распространенное вещество на нашей планете.

Приведем определения основных понятий и терминов, принятых в гидравлике.

*Жидкостью* называется физическое тело, обладающее свойством текучести, т. е. не имеющее способности самостоятельно сохранять свою форму. Текучесть жидкости обусловлена подвижностью молекул, составляющих жидкость.

Жидкость характеризуется следующими свойствами: сохраняет объем; образует поверхность; обладает прочностью на разрыв; принимает форму сосуда; обладает текучестью. Первые три свойства жидкости подобны свойствам твердых тел, а четвертое и пятое — свойству газа.

Жидкости делятся на два класса: сжимаемые жидкости, или газы (воздух, азот, углекислый газ), почти несжимаемые — капельные жидкости (вода, бензин).

Одним из основных свойств жидкости является *текучесть*. Если к участку жидкости, находящейся в равновесии, приложить внешнюю силу, то возникает поток частиц жидкости в том направлении, в котором эта сила приложена, т. е. жидкость течет. Таким образом, под действием неуравновешенных внешних сил жидкость не сохраняет свою форму и относительное расположение частей и поэтому принимает форму сосуда, в котором находится.

Жидкость имеет *определенный объем* при неизменных внешних условиях, что является одним из ее характерных свойств. Она незначительно увеличивается в объеме (расширяется) при нагревании и уменьшается (сжимается) при охлаждении. Встречаются и исключения: например, вода сжимается при нагревании, при нормальном давлении и температуре приблизительно от 0 до 4 °С.

Жидкость *практически несжимаема*, так как в отличие от газа между ее молекулами очень мало свободного пространства. Вследствие этого давление на жидкость, заключенную в сосуд, передается без изменения в каждую точку ее объема.

Жидкость (как и газ) характеризуется *вязкостью*, которая определяется как способность оказывать сопротивление перемещению одной части относительно другой, т. е. как внутреннее трение.

Жидкость способна *образовывать свободную поверхность*, что вытекает из ее свойств сохранения объема. Такая поверхность является *поверхностью раздела фаз* данного вещества: по одну сторону находится жидкая фаза, по другую — газообразная (пар) и, возможно, другие газы, например воздух. Если жидкая и газообразная фазы одного и того же вещества соприкасаются, возникают силы, которые стремятся уменьшить площадь поверхности раздела — *силы поверхностного натяжения*. Поверхность раздела ведет себя как упругая мембрана, которая стремится к сжатию. Поверхностное натяжение может быть объяснено притяжением между молекулами жидкости. Каждая молекула притягивает другие молекулы, стремится «окружить» себя ими, а значит, уйти с поверхности, что влечет за собой, соответственно, уменьшение площади поверхности. Поэтому мыльные пузыри и пузыри при кипении стремятся принять сферическую форму, поскольку шар обладает минимальной поверхностью. Если на жидкость действуют только силы поверхностного натяжения, она обязательно примет сферическую форму, как, например, капли воды в невесомости. Маленькие объекты с плотностью, превышающей плотность жидкости, способны «плавать» на ее поверхности, так как сила тяготения меньше силы, препятствующей увеличению площади поверхности.



*Испарение* — постепенный переход вещества из жидкости в газообразную фазу (пар). При тепловом движении некоторые молекулы покидают жидкость через ее поверхность и переходят в пар, а часть — возвращается обратно, из пара в жидкость. Если из жидкости уходит больше молекул, чем приходит, то имеет место испарение.

*Конденсация* — процесс, обратный испарению, т. е. переход вещества из газообразного состояния в жидкое. При этом в жидкость переходит из пара больше молекул, чем из жидкости в пар.

*Кипение* — процесс парообразования внутри жидкости. При достаточно высокой температуре давление пара становится выше давления внутри жидкости и в результате образуются пузырьки, которые (в условиях земного притяжения) всплывают наверх.

*Смачивание* — поверхностное явление, возникающее при контакте жидкости с твердой поверхностью в присутствии пара, т. е. на границах раздела трех фаз. Смачивание характеризует “прилипание” жидкости к поверхности и растекание по ней (или, наоборот, отталкивание и нерастекание). Различают три случая — несмачивание, ограниченное смачивание и полное смачивание.

*Смешиваемость* — способность жидкостей растворяться друг в друге. Примером смешиваемых жидкостей могут служить вода и спирт, несмешиваемых — вода и жидкое масло.

## ГЛАВА 2. Гидростатика



*Гидростатикой* называется раздел гидравлики, в котором рассматриваются законы равновесия жидкости и их практическое применение.

В покоящейся жидкости всегда присутствует сила давления, которая называется *гидростатическим давлением*. Жидкость оказывает силовое воздействие (давление) на дно и стенки сосуда. Частицы жидкости в верхних слоях водоема испытывают меньшие

силы сжатия, чем частицы жидкости, находящиеся у дна.

Гидростатическое давление обладает следующими свойствами:

- в любой точке жидкости направлено перпендикулярно площадке, касательной к выделенному объему, и внутрь рассматриваемого объема;

- неизменно во всех направлениях;
- в любой точке зависит от ее координат в пространстве (по мере увеличения глубины погружения точки давление в ней будет возрастать, а по мере уменьшения — снижаться);
- давление, приложенное к внешней поверхности жидкости  $P_0$ , передается всем точкам этой жидкости по всем направлениям одинаково.

Последнее положение известно под названием закона Паскаля. Гидростатическое давление  $p$  определяется основным уравнением гидростатики:

$$p = P_0 + \gamma h, \quad (2.1)$$

где  $\gamma$  — удельный вес; для воды  $\gamma = 1 \text{ гс/см}^3$ ;

$h$  — высота столба жидкости.

Уравнение (2.1) позволяет находить гидростатическое давление в любой точке рассматриваемого объема жидкости. Поверхность, во всех точках которой давление одинаково, называется *поверхностью уровня*. В обычных условиях поверхность уровня представляет собой горизонтальную плоскость.

Тело, погруженное в покоящуюся жидкость, испытывает вертикальную гидростатическую подъемную силу, равную весу вытесненной телом жидкости. Этот закон известен в гидравлике как *закон Архимеда*.

### ГЛАВА 3. Измерение давления

Для измерения давления используются следующие единицы измерения: кгс/см<sup>2</sup> (килограмм-сила на квадратный сантиметр), ат (атмосфера), м вод. ст. (метр водяного столба), мм рт. ст. (миллиметр ртутного столба), МПа (мегапаскаль). Соотношение единиц измерения давления, используемых на практике: 1 кгс/см<sup>2</sup> = 1 ат = 10 м вод. ст. = 0,1 МПа = 765 мм рт. ст.

Давление измеряют манометрами. В соответствии с ГОСТ Р 51115–97 [11] для измерения давления перед стволом следует применять манометры класса точности не ниже 0,6. Манометры должны быть выбраны таким образом, чтобы при испытаниях значение давления находилось в средней трети шкалы, а максимально возможное давление не превышало предела измерений. Непосредственно перед манометром (на соединительной линии между местом отбора давления и манометром) должен быть установлен трехходовой кран для продувки линии измерения давления. Для снижения колебаний стрелки прибора перед ним должен быть установлен демпфер (пробка с отверстием малого диаметра).

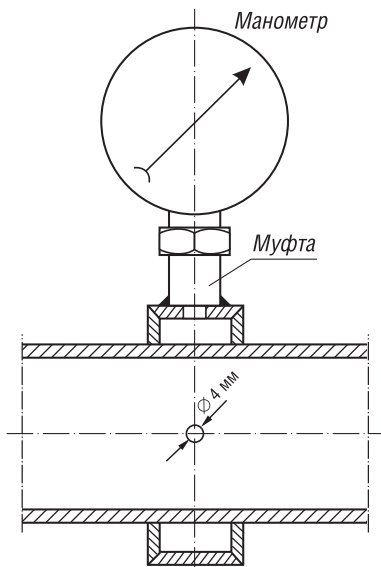


Рис. 2.1. Кольцо Прандтля

Для более точного определения напора нужно, чтобы перед манометром и после него находился прямолинейный участок трубопровода, длина которого в обе стороны была равна, по крайней мере, 10 диаметрам трубы. На более коротких участках для более точного определения напора устраивают так называемые «кольца Прандтля» (рис. 2.1). Вокруг трубы располагается кольцо, на патрубок которого навертывается манометр. Кольцо соединяется с трубой четырьмя, равномерно расположенными по окружности отверстиями диаметром до 4–6 мм. На кромке отверстий изнутри не должно быть заусенцев.

В автоматических установках пожаротушения применяются электроконтактные манометры, электронные дат-

чики давления и сигнализаторы давления для передачи данных о давлении на устройство управления.

## ГЛАВА 4. Вакуум и его измерение

Вакуум (от лат. *vacuum* — пустота) — среда, содержащая газ при давлении ниже атмосферного. Следовательно, вакуум измеряется разностью между принятым номинальным атмосферным давлением и фактическим давлением, которое ниже номинального. Примером практического применения вакуума может служить ртутный вакуумный барометр Торричелли (рис. 2.2).

При номинальном атмосферном давлении  $p_a = 765$  мм рт. ст. ртутный столбик высотой  $h_a$  уравнивается воздухом:

$$p = p_a = \gamma h_a, \quad (2.2)$$

где  $\gamma$  — удельный вес ртути.

Разрежение воздуха при этом  $p_a - p = 0$ . Рассмотрим, например, случай, когда атмосферное давление  $p$  меньше номинального  $p_a$ . Тогда в трубке А, установленной вертикально в сосуд В, ртуть опустится до точки С на некоторую высоту  $\Delta h$ , соответствующую по определению вакууму в трубке А. В этом случае атмосферное давление  $p = \gamma h$ , а вакуумное —  $p_{\text{вак}} = p_a - p = \gamma h_a - \gamma h = \gamma \Delta h$ .



Рис. 2.2. Барометр Торричелли

Вакуум, как и избыточное давление, измеряется в м вод. ст., мм рт. ст., долях атмосферы и Па (паскаль).

В различных установках и устройствах низкому вакууму обычно соответствуют давления выше 100 Па, среднему — от 100 до 0,1 Па, высокому — от 0,1 до 10 мкПа. Область еще более низких давлений относят к сверхвысокому вакууму.

Для измерения вакуума применяют вакуумметры. Кроме вакуумметров, существуют мановакуумметры, которыми измеряют давления выше и ниже атмосферного. В мановакуумметрах нулевое деление циферблата расположено таким образом, что при перемещении стрелки влево прибор показывает разрежение, а при перемещении вправо — избыточное (выше атмосферного) давление. Мановакуумметры устанавливают, например, на насосах пожарных автомобилей, забирающих воду из водоемов (в этом случае мановакуумметр показывает разрежение) и из гидрантов на водопроводной сети, откуда вода подается под давлением выше атмосферного (в этом случае мановакуумметр показывает избыточное давление).

## ГЛАВА 5. Расчет труб и рукавов, находящихся под давлением воды, на прочность

Напряжение на растяжение стенки трубы или рукава определяется по формуле

$$\sigma = \frac{pD}{2\delta}, \quad (2.3)$$

где  $\sigma$  — напряжение на растяжение стенки трубы или рукава, кгс/см<sup>2</sup>;

$p$  — гидростатическое давление, кгс/см<sup>2</sup>;

$D$  — внутренний диаметр, см;

$\delta$  — толщина стенки, см.

Толщину стенки трубы  $\delta$  можно найти из формулы (2.3):

$$\delta = \frac{pD}{2K_z},$$

где  $K_z$  — допускаемое напряжение материала, из которого изготовлена труба, кгс/см<sup>2</sup>; вводится вместо  $\sigma$ .

Приведем пример. Требуется определить толщину стенки стальной трубы диаметром  $D = 104$  мм при внутреннем давлении  $p = 16$  кгс/см<sup>2</sup>.

Допускаемое напряжение на разрыв трубы для стали примем равным 800 кгс/см<sup>2</sup>. Тогда

$$\delta = \frac{pD}{2K_z} = \frac{16 \cdot 10,4}{2 \cdot 800} = 0,1 \text{ см.}$$

## ГЛАВА 6. Гидродинамика



*Гидродинамика* — раздел гидравлики, в котором изучаются законы движения жидкости и ее взаимодействие с неподвижными и подвижными поверхностями. Если отдельные частицы абсолютно твердого тела жестко связаны между собой, то в движущейся жидкой среде такие связи отсутствуют. Движение жидкости состоит из чрезвычайно сложного перемещения отдельных молекул.

### 6.1. Основные понятия о движении жидкости

В гидродинамике для решения ряда задач о движении жидкостей и газов в каналах различной формы при истечении струй и при обтекании тел пользуются понятием *идеальная жидкость*, для которой не принимается в расчет вязкость, теплопроводность, внутреннее трение, поскольку во многих случаях их влияние не является определяющим фактором и им можно пренебречь.

*Живым сечением*  $\omega$  называют площадь поперечного сечения потока, перпендикулярного направлению течения. Например, живое сечение трубы — круг (рис. 2.3,а), живое сечение клапана — кольцо с изменяющимся внутренним диаметром (рис. 2.3,б).

*Смоченный периметр*  $\chi$  — часть периметра живого сечения, ограниченного твердыми стенками (рис. 2.4).

Для круглой трубы, если угол  $\varphi$  в радианах,

$$\chi = \pi D \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{D\varphi}{2}.$$

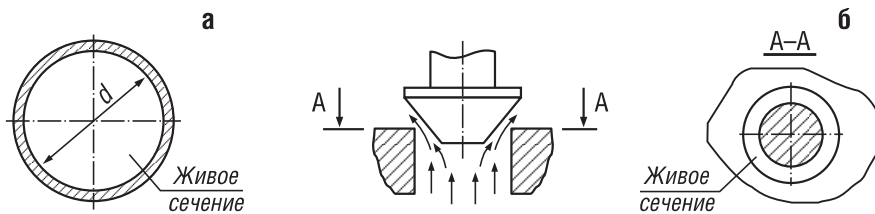


Рис. 2.3. Примеры живых сечений трубы (а) и клапана (б)

*Расход жидкости*  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ , л/мин, л/с) — это объем жидкости  $V$ , протекающей в единицу времени  $t$  через живое сечение  $\omega$ :

$$Q = V/t.$$

*Средняя скорость потока*  $v_{\text{ср}}$  (м/с) — скорость движения жидкости, определяемая отношением расхода жидкости  $Q$  к площади живого сечения  $\omega$ :

$$v_{\text{ср}} = Q/\omega.$$

Поскольку скорость движения отдельных частиц жидкости отличается друг от друга, скорость движения усредняется. В круглой трубе, например, скорость на оси трубы максимальна, тогда как у стенок трубы она равна нулю.

Течение жидкости может быть установившимся и неустойчивым. *Установившимся* течением называется такое движение жидкости, при котором в данной точке русла давление и скорость не изменяются во времени. Движение, при котором скорость и давление изменяются относительно не только координат пространства, но и времени, называется *неустановившимся*, или нестационарным. Различают два режима движения жидкости — ламинарный и турбулентный. *Ламинарный* (или струйчатый) режим движения

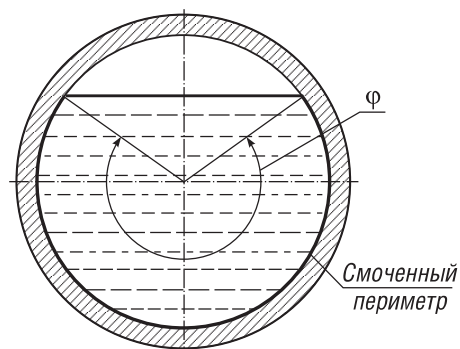


Рис. 2.4. Смоченный периметр (выделен утолщенной линией)

можно представить как движение жидкости в потоке, состоящем из бесконечно большого количества очень тонких струек, движущихся, не смешиваясь друг с другом. Ламинарное движение иногда называют также слоистым, так как в этом случае поток можно представить в виде отдельных, не смешивающихся друг с другом, слоев жидкости. При *турбулентном* движении не представляется возможным выделить отдельные струйки или слои в потоке, поскольку

ку при этом режиме имеет место беспорядочное движение. Для того чтобы установить, находится ли жидкость в состоянии ламинарного или турбулентного режима, существует так называемый «критерий режима движения», или число Рейнольдса  $Re$  (безразмерное):

$$Re = \frac{v_{cp} D}{\nu}$$

где  $v_{cp}$  — средняя скорость потока;

$D$  — диаметр трубы;

$\nu$  — кинематический коэффициент вязкости; для воды при температуре 18 °C  $\nu = 0,0106 \text{ см}^2/\text{с}$ .

Опытным путем было установлено, что при  $Re < 2320$  всегда устанавливается ламинарный режим, даже если движение первоначально имело турбулентный характер. Если  $Re > 2320$ , то имеет место турбулентный режим движения жидкости. В то же время могут быть созданы условия, при которых критическое число Рейнольдса будет превышать приведенное выше значение. Этого можно достигнуть путем устранения возмущений в потоке или уменьшения их начальной интенсивности. Для открытых потоков ламинарное движение жидкости происходит при числах Рейнольдса до 580. В табл. 2.1 приведены критические значения средней скорости движения воды в трубах (скорости ниже указанных в таблице относятся к ламинарному режиму движения в трубах, а скорости выше указанных — к турбулентному).

Таблица 2.1

**Критические значения скорости движения воды в трубах при  $Re = 2320$**

Диаметр трубы, мм	50	65	75	100	125	150	200	250
Скорость движения воды, м/с	0,05	0,04	0,03	0,025	0,02	0,015	0,01	0,01

В рукавах и трубах, применяемых для пожаротушения, движение воды происходит при скоростях около 1 м/с и более, т. е. имеет место турбулентный режим движения воды.

Течение жидкости может быть напорным и безнапорным. *Напорное* течение наблюдается в закрытых руслах, не имеющих свободной поверхности, например в трубопроводах под давлением выше атмосферного. *Безнапорное* течение, имеющее свободную поверхность, наблюдается в открытых руслах (реки, открытые каналы, лотки и т. п.).

Из закона сохранения вещества и постоянства расхода жидкости (воды) вытекает *уравнение неразрывности течений*. Представим трубу с перемен-

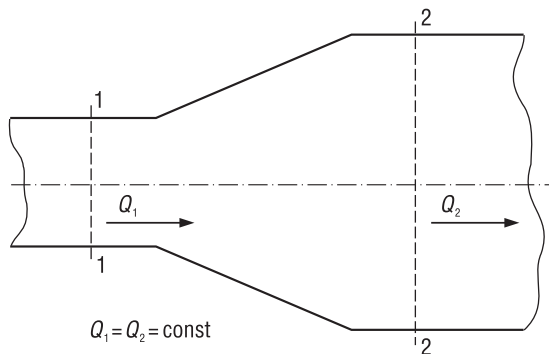


Рис. 2.5. Труба с переменным диаметром при постоянном расходе воды

ным живым сечением (рис. 2.5). Расход жидкости через трубу в любом ее сечении постоянен, т. е.  $Q_1 = Q_2 = \text{const}$ , откуда

$$\omega_1 v_1 = \omega_2 v_2. \quad (2.4)$$

Таким образом, если течение в трубе является сплошным и неразрывным, то уравнение неразрывности примет вид:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \text{const.}$$

## 6.2. Движение жидкости по рукавам и трубам

Движение жидкости по рукавам и трубам базируется на уравнении Бернулли. Рассмотрим *уравнение Бернулли для идеальной жидкости*, полученное им в 1738 г. и являющееся фундаментальным уравнением гидродинамики. Оно дает связь между давлением  $P$ , средней скоростью  $v_{cp}$  и пьезометрической высотой  $z$  в различных сечениях потока и выражает закон сохранения энергии движущейся жидкости. С помощью этого уравнения решается большая группа задач.

Рассмотрим трубопровод переменного диаметра, расположенный в пространстве под углом  $\beta$  (рис. 2.6,а).

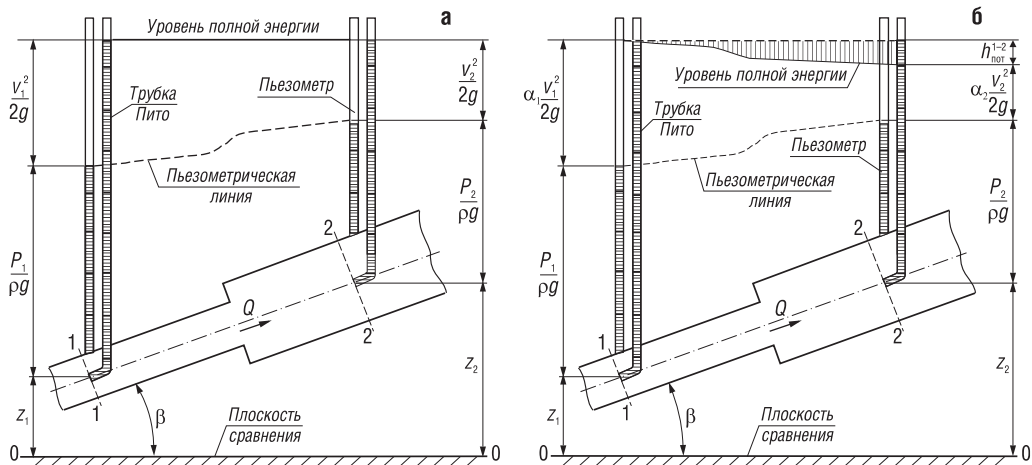


Рис. 2.6. Схема к выводу уравнения Бернулли для идеальной (а) и реальной (б) жидкости



Выберем произвольно на рассматриваемом участке трубопровода два сечения — 1–1 и 2–2. Вверх по трубопроводу от первого сечения ко второму движется жидкость, расход которой равен  $Q$ .

Для измерения давления жидкости применяют *пьезометры* — тонкостенные стеклянные трубки, в которых жидкость поднимается на высоту  $h = P/(\rho g)$ , если принять во внимание (см. гл. 2, формулу (2.1)), что  $P = \gamma h$  (где  $\rho$  — плотность;  $g$  — ускорение свободного падения) и  $\gamma = \rho g$ .

В каждом сечении установлены пьезометры, уровень жидкости в которых поднимается на разную высоту. Кроме пьезометров, в каждом из сечений 1–1 и 2–2 установлена трубка с загнутым концом, направленным навстречу потоку жидкости, которая называется *трубкой Пито*. Жидкость в трубках Пито также поднимается на разные уровни, если отсчитывать их от *пьезометрической линии*.

Пьезометрическую линию можно построить следующим образом. Если между сечениями 1–1 и 2–2 поставить несколько таких же пьезометров и через показания уровней жидкости в них провести кривую, то мы получим ломаную линию. Если через показания уровней жидкости в трубках Пито провести линию, то она будет горизонтальна и будет отражать *уровень полной энергии трубопровода*.

Для двух произвольных сечений 1–1 и 2–2 потока идеальной жидкости уравнение Бернулли имеет следующий вид:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} = H = \text{const.} \quad (2.5)$$

Поскольку сечения 1–1 и 2–2 взяты произвольно, то уравнение (2.5) можно переписать иначе:

$$z + \frac{P}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} = H = \text{const}$$

и прочитать так: *сумма трех членов уравнения Бернулли для любого сечения потока идеальной жидкости есть величина постоянная*.

С энергетической точки зрения каждый член уравнения (2.5) представляет собой определенный вид энергии соответственно в сечениях 1–1 и 2–2:

$z_1$  и  $z_2$  — удельная энергия положения, характеризующая потенциальную энергию;

$P_1/(\rho g)$  и  $P_2/(\rho g)$  — удельная энергия давления, характеризующая потенциальную энергию давления;

$v_1^2/(2g)$  и  $v_2^2/(2g)$  — удельная кинетическая энергия.

Таким образом, согласно уравнению Бернулли *полная удельная энергия идеальной жидкости в любом сечении постоянна*.

Уравнение Бернулли можно истолковать и чисто геометрически. Дело в том, что каждый член уравнения имеет линейную размерность. Из рис. 2.6,б видно, что  $z_1$  и  $z_2$  — геометрические высоты сечений 1–1 и 2–2 над плоскостью сравнения;  $P_1/(\rho g)$  и  $P_2/(\rho g)$  — пьезометрические высоты;  $v_1^2/(2g)$  и  $v_2^2/(2g)$  — скоростные высоты. В этом случае уравнение Бернулли можно прочитать так: *сумма геометрической, пьезометрической и скоростной высот для идеальной жидкости есть величина постоянная.*

Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости несколько отличается от уравнения идеальной жидкости. Дело в том, что при движении реальной вязкой жидкости возникают силы трения, на преодоление которых жидкость затрачивает энергию. В результате полная удельная энергия жидкости в сечении 1–1 будет больше полной удельной энергии в сечении 2–2 на величину потерянной энергии (см. рис. 2.6,б).

Потерянная энергия (или потерянный напор) обозначается  $h_{\text{пот}}^{1-2}$  и имеет также линейную размерность.

Уравнение Бернулли для реальной жидкости будет иметь вид:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + h_{\text{пот}}^{1-2} = H = \text{const},$$

где  $\alpha_1, \alpha_2$  — коэффициенты Кориолиса, зависящие от режима течения жидкости;  $\alpha = 2$  — при ламинарном режиме,  $\alpha = 1$  — при турбулентном.

Из рис. 2.6,б видно, что по мере движения жидкости от сечения 1–1 до сечения 2–2 потерянный напор (выделен вертикальной штриховкой) все время увеличивается. Таким образом, уровень первоначальной энергии, которой обладает жидкость в первом сечении, для второго сечения будет складываться из четырех составляющих: геометрической высоты, пьезометрической высоты, скоростной высоты и потерянного напора между сечениями 1–1 и 2–2.

Потерянная высота  $h_{\text{пот}}^{1-2}$  складывается из линейных потерь  $h_{\text{лин}}$ , обусловленных силой трения между слоями жидкости, и потерь  $h_{\text{мест}}$ , вызванных местными сопротивлениями (изменениями конфигурации потока):

$$h_{\text{пот}}^{1-2} = h_{\text{лин}} + h_{\text{мест}}.$$

С помощью уравнения Бернулли решается большинство задач практической гидравлики. Для этого выбирают два сечения по длине потока таким образом, чтобы для одного из них были известны параметры  $P, \rho$  и  $g$ , а для другого — один или два параметра подлежали определению. При двух неизвестных для второго сечения используют уравнение постоянства расхода жидкости  $v_1 \omega_1 = v_2 \omega_2$ .

На уравнении Бернулли базируются расчеты движения жидкости по трубам при проектировании сетей водоснабжения. В расчетах используются таблицы и коэффициенты, учитывающие потери напора по длине трубопровода, местные потери, связанные с изменением сечений, направления, формы труб. Эти коэффициенты получены, как правило, экспериментальным путем и закреплены в нормативных документах (например, в СП 40-106–2002 «Проектирование и монтаж подземных трубопроводов водоснабжения», СНиП 2.04.01–85 «Внутренний водопровод и канализация зданий»).

### 6.3. Измерение скорости потока и расхода жидкости

Для измерения скорости в точках потока широко используется работающая на принципе уравнения Бернулли трубка Пито (рис. 2.7), загнутый конец которой направлен навстречу потоку. Пусть требуется измерить скорость жидкости в какой-либо точке потока. Поместив конец трубки в указанную точку и составив уравнение Бернулли для сечения 1–1 и сечения, проходящего на уровне жидкости в трубке Пито, получим:

$$\frac{P_{\text{ат}} + \gamma h}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = H + h + \frac{P_{\text{ат}}}{\gamma}, \text{ или } v = \sqrt{2gH},$$

где  $P_{\text{ат}}$  — атмосферное давление;

$H$  — высота столба жидкости в трубке Пито.

Для измерения расхода жидкости в трубопроводах часто используют расходомер Вентури, действие которого основано также на принципе уравнения Бернулли. Расходомер Вентури состоит из двух конических насадков с цилиндрической вставкой между ними (рис. 2.7,б). Если в сечениях I–I и II–II поставить пьезометры, то разность уровней в них будет зависеть от расхода жидкости, протекающей по трубе.

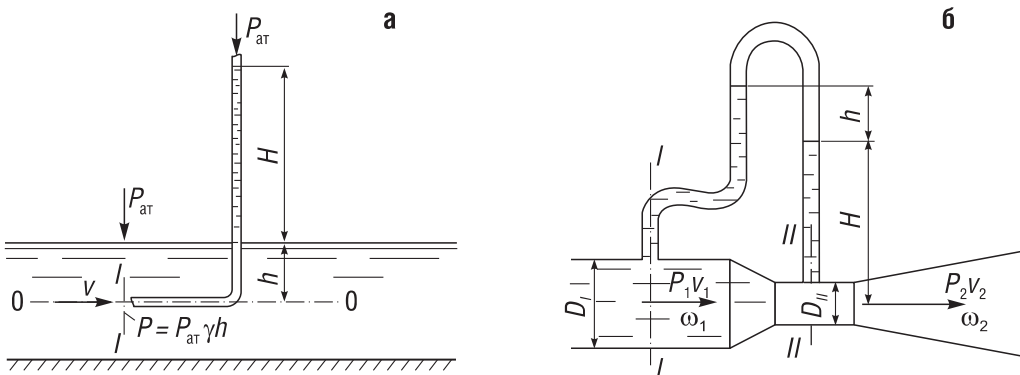


Рис. 2.7. Трубка Пито (а) и расходомер Вентури (б)

Пренебрегая потерями напора и принимая  $z_1 = z_2$ , напишем уравнение Бернулли для сечений I–I и II–II:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g},$$

или

$$h = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} = \frac{v_1^2}{2g} \left[ -1 + \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^2 \right].$$

Используя уравнение неразрывности (2.4), сделаем замену в полученном выражении:

$$h = \frac{Q^2}{2g\omega_1^2} \left[ -1 + \left( \frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^2 \right]. \quad (2.5)$$

Решая уравнение (2.5) относительно  $Q$ , получим

$$Q = \omega_1\omega_2 \sqrt{\frac{2g}{\omega_1^2 - \omega_2^2}} \cdot \sqrt{h}. \quad (2.6)$$

Из уравнения (2.6) видно, что  $h$  зависит от расхода  $Q$ . Часто эту зависимость строят в виде тарировочной кривой  $h$  от  $Q$ , которая имеет параболический характер. Выражение, стоящее перед  $\sqrt{h}$ , является постоянной величиной, носящей название постоянной водомера Вентури.

Приведенную зависимость расхода от давления часто применяют для практических целей. Для оросителей установок пожаротушения пользуются формулой  $Q = k\sqrt{h}$  (где  $k$  — коэффициент производительности) и, зная расход оросителя при номинальном давлении и определив  $k$ , вычисляют расход при других давлениях.

#### 6.4. Водоструйный насос или эжектор

В водоструйном насосе, или эжекторе (рис. 2.8) рабочая вода из емкости  $A$ , выходящая из сопла  $C$ , образует вакуум, вследствие чего в вакуумную камеру  $D$  подсасывается вода. Струя рабочей воды вместе с подсосываемой водой направляется в диффузор  $B$ , представляющий собой коническую расширяющуюся трубу. С увеличением сечения диффузора скорость движения воды снижается, а следовательно, уменьшается и скоростной напор, за счет чего восстанавливается пьезометрический напор.

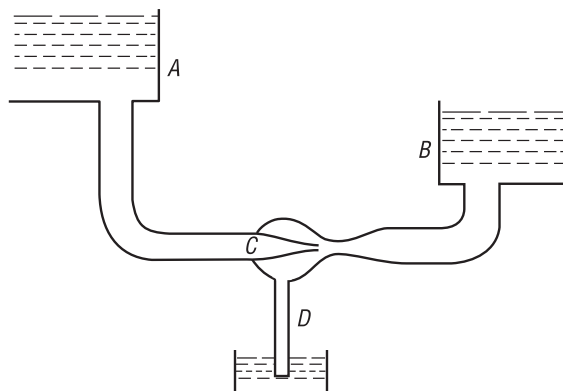


Рис. 2.8. Схема водоструйного насоса

Положительным качеством водоструйных насосов является простота их устройства. Кроме того, они не требуют механического привода, в них отсутствуют легко повреждаемые и трущиеся детали, которые есть, например, в поршневых насосах и которые часто выходят из строя (клапаны, уплотнения поршня, сальниковые устройства).

В пожарном деле эжекторы используются в качестве устройств дозированной подачи пены.

Дозатор эжекторный (рис. 2.9) представляет собой устройство, в вакуумной камере и во всасывающем трубопроводе которого при подаче струи воды из сопла в диффузор создается разрежение (трубка Вентури), за счет чего осуществляется забор пенообразователя из емкости и его ввод в поток воды через калиброванную диафрагму.

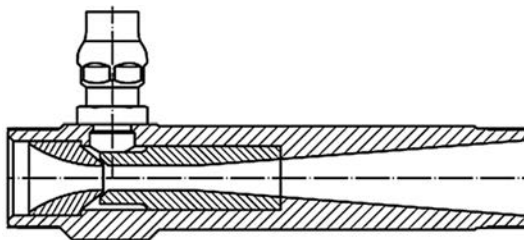


Рис. 2.9. Дозатор эжекторный

## 6.5. Гидравлический удар

*Гидравлическим ударом* называется внезапное изменение давления в трубопроводе при резком изменении скорости движения жидкости. Физическая причина повышения или понижения давления при ударе заключается в появлении сил инерции воды при быстром закрытии или открытии задвижки.

Быстрое закрытие задвижки в точке *в* вентиля гидранта (рис. 2.10) вызывает резкое снижение скорости и повышение давления перед задвижкой. Повышенное давление в виде упругой волны распространяется от места возникновения в сторону, противоположную движению воды, со скоростью *a*. При встрече на пути с разветвлением, поворотом, а также при подходе к насосу или напорному резервуару волна повышенного давления частично или полностью отражается от точки и возвращается обратно, но уже в виде отрицательной волны.

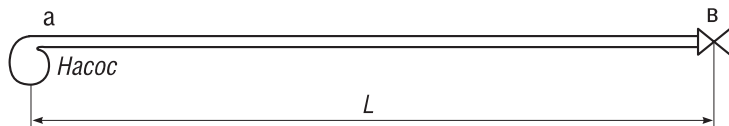


Рис. 2.10. Участок возникновения гидроудара

В случае, если отрицательная волна дойдет до места своего возникновения после того, как задвижка полностью закроется, произойдет так называемый прямой удар. Если же к моменту подхода отрицательной волны задвижка еще не будет полностью закрыта, получится не прямой удар.

Таким образом, при  $t < 2L/a$  имеет место прямой удар, а при  $t > 2L/a$  — не прямой (где  $t$  — время полного закрытия задвижки;  $L$  — длина пути волны от места возникновения удара до места отражения ударной волны;  $a$  — скорость распространения волны, зависящая от материала, толщины стенок и диаметра трубопровода).

Увеличение давления  $\Delta h$  при прямом ударе может быть определено по формуле Н. Е. Жуковского:

$$\Delta h = \frac{a}{g} v, \tag{2.7}$$

где  $g$  — ускорение силы тяжести;

$v$  — скорость течения воды до удара.

При не прямом ударе увеличение давления  $\Delta h$  (которое составляет некоторую долю от повышения давления при прямом ударе) ориентировочно может быть вычислено по формуле

$$\Delta h = \frac{av}{g} \frac{L}{aL - L}. \tag{2.8}$$

Из формулы (2.8) следует, что чем медленнее будет закрываться задвижка, т. е. чем больше будет  $t$ , тем меньшее значение будет иметь  $\Delta h$ . При очень медленном закрытии задвижки гидравлического удара не происходит.

Гидравлический удар может также возникнуть при внезапной остановке насоса, приводимого в движение, например, от электродвигателя. Как только масса воды в трубопроводе остановится, она под действием напора и силы тяжести переменит свое направление и будет двигаться обратно к насосу с возрастающей скоростью до тех пор, пока не закроет обратный клапан, установленный обычно на напорных патрубках насосов. При закрывании клапана произойдет гидравлический удар, который вызовет мгновенное повышение давления в трубопроводе. Около 70 % всех возникающих на водопроводах аварий, как показывает практика, происходит от гидравлических ударов вследствие внезапной остановки насосов.

Скорость распространения ударной волны  $a$  имеет следующие приближенные значения: для стальных и чугунных трубопроводов диаметром около 200 мм — 1200 м/с; для новых льняных рукавов — 80 м/с.

Если в формуле (2.7) скорость распространения ударной волны принять равной 1200 м/с, то при скорости  $v = 1$  м/с и прямом ударе получим увеличение давления:

$$\Delta h = \frac{a}{g} v = \frac{1200}{9,81} \cdot 1 = 122 \text{ м вод. ст.},$$

что может явиться причиной повреждения трубопровода.

Если принять время закрытия вентиля пожарного гидранта 5 с, то вероятность возникновения гидравлического удара в водопроводной сети производится из расчета:

$$t = 2L/a, \text{ или } 5 = 2L/1200, \text{ откуда } L = 3000 \text{ м.}$$

Таким образом, при длине трубопровода  $L = 3000$  м и более возникает прямой удар с соответствующим увеличением давления, а при меньшей длине — не прямой. При кольцевых сетях имеет место сложный процесс прохождения ударной волны по трубам. При этом не исключается такое явление, когда возникшая в водопроводном кольце ударная волна разветвится и часть ее пройдет по одному полукольцу, а другая — по второму, и в месте их встречи давление может возрасти еще больше.

## ГЛАВА 7. Истечение жидкости из отверстий и насадков

Рассмотрим различные случаи истечения жидкости через отверстия и насадки в атмосферу или пространство (рис. 2.11). В процессе такого истечения запас потенциальной энергии, которым обладает жидкость, на взлете превращается

в кинетическую энергию свободной струи.



Рис. 2.11. Фонтан Jet d'Eau в Женеве (выбрасывает 500 л/с воды со скоростью 55 м/с на высоту 140 м)

### 7.1. Истечение через малые отверстия в стенке при постоянном напоре

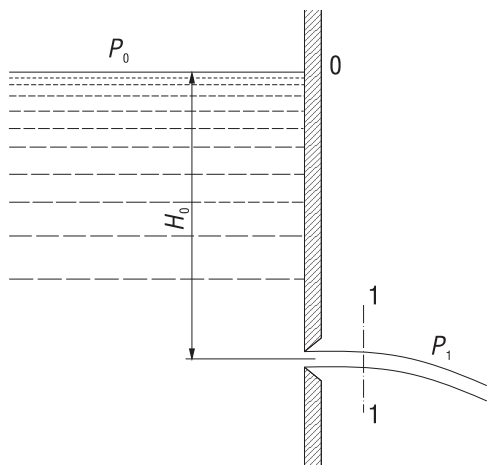


Рис. 2.12. Истечение из резервуара через малое отверстие

Рассмотрим большой резервуар, в котором жидкость находится под давлением  $P_0$  и который имеет малое круглое отверстие в стенке на достаточно большой глубине  $H_0$  от свободной поверхности (рис. 2.12).

Жидкость вытекает в воздушное пространство под давлением  $P_1$ . Пусть отверстие имеет форму, которая получается при сверлении в тонкой стенке без обработки входной кромки (рис. 2.13,а) или в толстой стенке, но с заострением входной кромки с внешней стороны (рис. 2.13,б). Струя, отрываясь от кромки отверстия, несколько сжимается (см. рис. 2.13,а). Такое сжатие обусловлено движением жидкости с различных направлений,

в том числе и от радиального движения по стенке к осевому движению в струе.

Степень сжатия оценивается коэффициентом сжатия

$$\varepsilon = \frac{S_c}{S_0} = \left( \frac{d_c}{d_0} \right)^2,$$

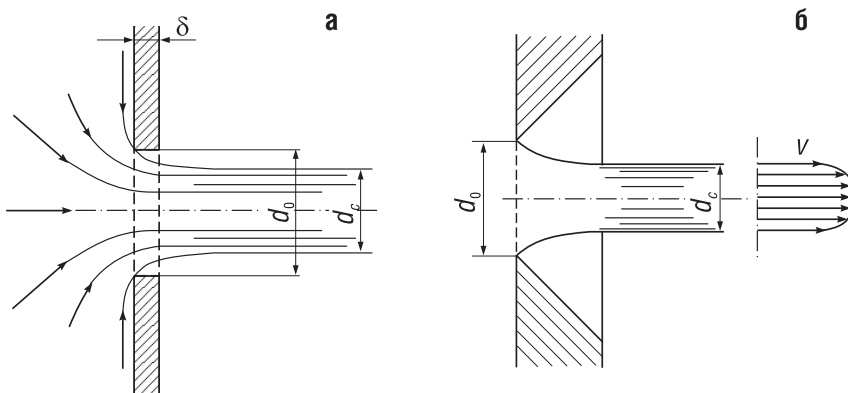


Рис. 2.13. Истечение через круглое отверстие различной формы



где  $S_c$  и  $S_o$  — площадь поперечного сечения струи и отверстия соответственно;

$d_c$  и  $d_o$  — диаметр струи и отверстия соответственно.

Скорость истечения жидкости через круглое отверстие

$$v = \varphi \sqrt{2gH},$$

где  $\varphi$  — коэффициент скорости;

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \zeta}};$$

$\alpha$  — коэффициент Кориолиса;

$\zeta$  — коэффициент сопротивления отверстия;

$H$  — напор жидкости; определяется как

$$H = H_0 + \frac{P_0 - P_1}{\rho g}.$$

Расход жидкости определяется как произведение действительной скорости истечения на фактическую площадь сечения:

$$Q = S_c v = \varepsilon \frac{S_o}{S_c} \underbrace{\varphi \sqrt{2gH}}_v.$$

Произведение  $\varepsilon$  и  $\varphi$  принято обозначать буквой  $\mu$  и называть коэффициентом расхода, т. е.  $\mu = \varepsilon\varphi$ . В итоге получаем расход

$$Q = \mu S_o \sqrt{2gH} = \mu S_o \sqrt{2\Delta P/\rho}, \quad (2.9)$$

где  $\Delta P$  — расчетная разность давлений, под действием которой происходит истечение жидкости.

При помощи выражения (2.9) решается основная задача — определение расхода. Значения коэффициентов сжатия  $\varepsilon$ , сопротивления  $\zeta$ , скорости  $\varphi$  и расхода  $\mu$  для круглого отверстия можно определить по эмпирически построенным зависимостям. На рис. 2.14 показаны зависимости коэффициентов  $\varepsilon$ ,  $\varphi$  и  $\mu$  от числа Рейнольдса для идеальной скорости  $Re_{и}$ :

$$Re_{и} = \frac{d \sqrt{2gH}}{\nu},$$

где  $\nu$  — кинематическая вязкость.

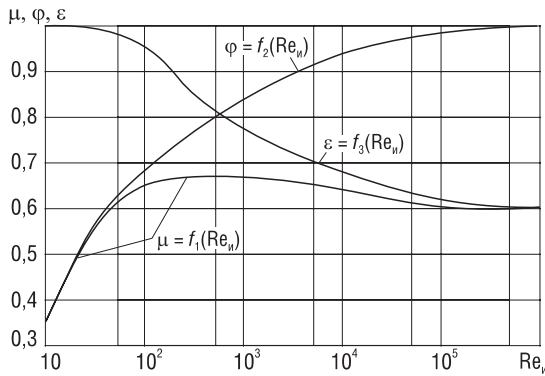


Рис. 2.14. Зависимость  $\epsilon$ ,  $\phi$  и  $\mu$  от числа  $Re_n$

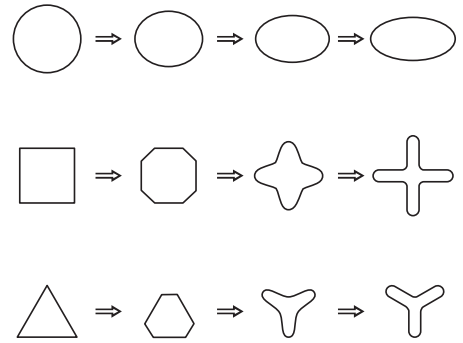


Рис. 2.15. Инверсия струй

При истечении струи в атмосферу из малого отверстия в тонкой стенке происходит изменение формы струи по ее длине, называемое *инверсией струи* (рис. 2.15). Обуславливается это явление в основном действием сил поверхностного натяжения на вытекающие криволинейные струйки и различными условиями сжатия по периметру отверстия. Инверсия больше всего проявляется при истечении из некруглых отверстий.

## 7.2. Истечение при несовершенном сжатии

Несовершенное сжатие наблюдается в том случае, когда на истечение жидкости через отверстие и на формирование струи оказывает влияние близость боковых стенок резервуара. По сути, это истечение жидкости из трубы с диаметром, превышающим выходное отверстие (рис. 2.16).

Так как боковые стенки частично направляют движение жидкости при подходе к отверстию, то струя при выходе из него сжимается в меньшей степени, чем при выходе из резервуара неограниченных размеров.

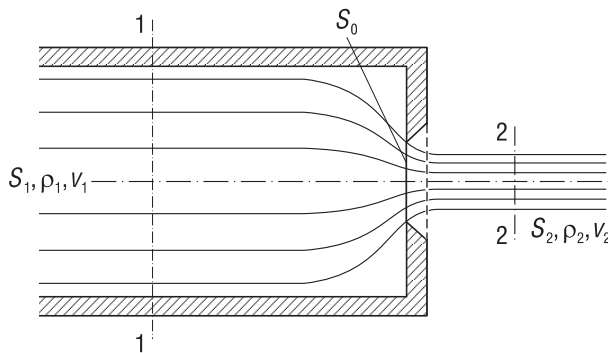


Рис. 2.16. Схема несовершенного сжатия струи

При истечении жидкостей из цилиндрического резервуара круглого сечения через круглое отверстие, расположенное в центре торцевой стенки, при больших значениях  $Re$  коэффициент сжатия для идеальной жидкости можно найти по формуле Н. Е. Жуковского:

$$\varepsilon_1 = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - n},$$

где  $n$  — отношение площади отверстия  $S_0$  к площади поперечного сечения резервуара  $S_1$ .

Расход жидкости при несовершенном сжатии

$$Q = \mu_1 S_0 \sqrt{2gH},$$

где  $H$  — напор, который находится с учетом скоростного напора в резервуаре:

$$H = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g}.$$

### 7.3. Истечение через насадки при постоянном напоре

Внешним цилиндрическим насадком называется короткая трубка, длина которой равна нескольким диаметрам, без закругления входной кромки. На практике такой насадок часто получается в тех случаях, когда выполняют сверление в толстой стенке без последующей обработки входной кромки. Истечение через такой насадок в газовую среду может происходить в двух режимах.

Первый режим — *безотрывный*. При истечении струя после входа в насадок сжимается примерно так же, как и при истечении через отверстие в тонкой стенке. Затем струя постепенно расширяется до размеров отверстия и из насадка выходит полным сечением (рис. 2.17,а).

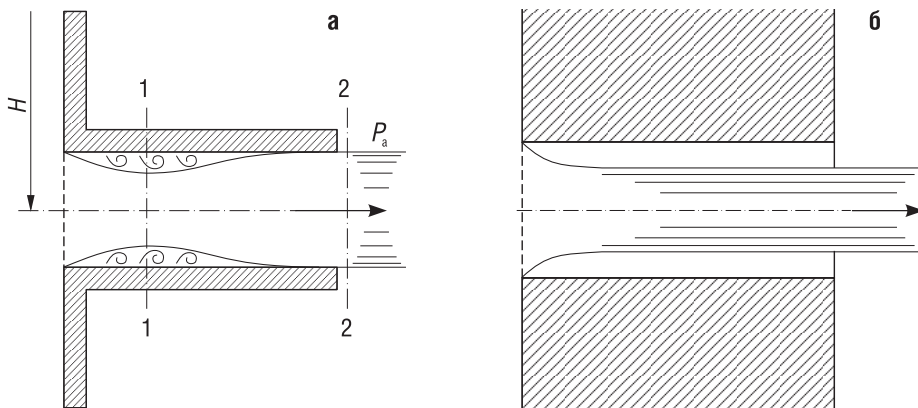


Рис. 2.17. Первый (безотрывный) (а) и второй (б) режимы истечения через насадок

Коэффициент расхода  $\mu$ , зависящий от относительной длины насадка  $l/d$  и числа Рейнольдса, определяется по эмпирической формуле

$$\mu = \frac{1}{1,23 + 58/\text{Re} \cdot l/d}.$$

Так как на выходе из насадка диаметр струи равен диаметру отверстия, то коэффициент сжатия  $\varepsilon = 1$  и, следовательно,  $\mu = \varphi$ , а коэффициент сопротивления  $\zeta = 0,5$ .

Если составить уравнение Бернулли для сжатого сечения 1–1 и сечения за насадком 2–2 и преобразовать его, то можно получить уравнение падения давления внутри насадка:

$$P_2 - P_1 \approx 0,75H\rho g.$$

При некотором критическом напоре  $H_{\text{кр}}$  абсолютное давление внутри насадка (сечение 1–1) становится равным нулю ( $P_1 = 0$ ), поэтому

$$H_{\text{кр}} \approx \frac{P_2}{0,75\rho g}.$$

Следовательно, при  $H > H_{\text{кр}}$  давление  $P_1$  должно было бы стать отрицательным, но так как в жидкостях отрицательных давлений не бывает, то первый режим движения становится невозможным. Поэтому при  $H \approx H_{\text{кр}}$  происходит изменение режима истечения — переход от первого режима ко второму (рис. 2.17,б).

Второй режим характеризуется тем, что струя после сжатия уже не расширяется, а сохраняет цилиндрическую форму и перемещается внутри насадка, не соприкасаясь с его стенками. Истечение становится точно таким же, как и из отверстия в тонкой стенке, с теми же значениями коэффициентов. Следовательно, при переходе от первого режима ко второму скорость возрастает, а расход уменьшается благодаря сжатию струи.

При истечении через цилиндрический насадок под уровень первый режим истечения не будет отличаться от описанного выше. Однако при  $H > H_{\text{кр}}$  перехода ко второму режиму не происходит, а начинается кавитационный режим.

Таким образом, внешний цилиндрический насадок имеет ряд существенных недостатков: на первом режиме — большое сопротивление и недостаточно высокий коэффициент расхода, а на втором — очень низкий коэффициент расхода. Недостатком также является вероятность возникновения кавитации при истечении под уровень.

Внешний цилиндрический насадок может быть значительно улучшен путем закругления входной кромки или устройства конического входа.

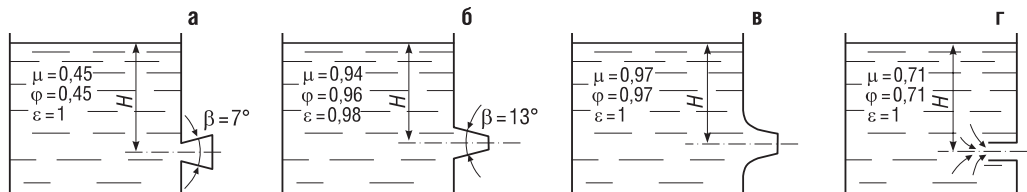


Рис. 2.18. Истечение жидкости через насадки расширяющиеся конические (а), сужающиеся конические (б), коноидальные (в), внутренние цилиндрические (г)

На рис. 2.18 даны различные типы насадков и указаны значения соответствующих коэффициентов.

Конически сходящиеся и коноидальные насадки применяют там, где необходимо получить хорошую компактную струю сравнительно большой длины при малых потерях энергии (в напорных брандспойтах, гидромониторах и т. д.). Конически сходящиеся насадки используют для увеличения расхода истечения при малых выходных скоростях.

### 7.4. Истечение при переменном напоре (опорожнение сосудов)

Рассмотрим случай опорожнения открытого в атмосферу сосуда при постоянно уменьшающемся напоре, при котором течение является неустановившимся (рис. 2.19).

Однако если напор, а следовательно, и скорость истечения изменяются медленно, то движение в каждый момент времени можно рассматривать как установившееся и для решения задачи применять уравнение Бернулли.

Обозначим переменную высоту уровня жидкости в сосуде  $h$ , площадь сечения резервуара на этом уровне  $S$ , площадь отверстия  $S_0$  и, взяв бесконечно малый отрезок времени  $dt$ , запишем следующее уравнение объема:

$$S dh = Q dt$$

или

$$S dh = \underbrace{\mu S_0 \sqrt{2gh}}_Q \cdot dt,$$

где  $dh$  — изменение уровня жидкости за время  $dt$ .

Отсюда время полного опорожнения сосуда высотой  $H$

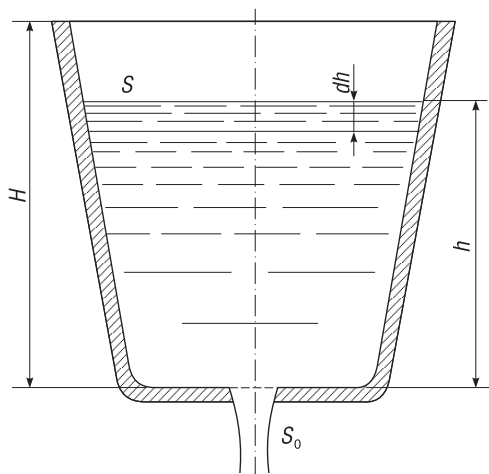


Рис. 2.19. Схема опорожнения резервуара

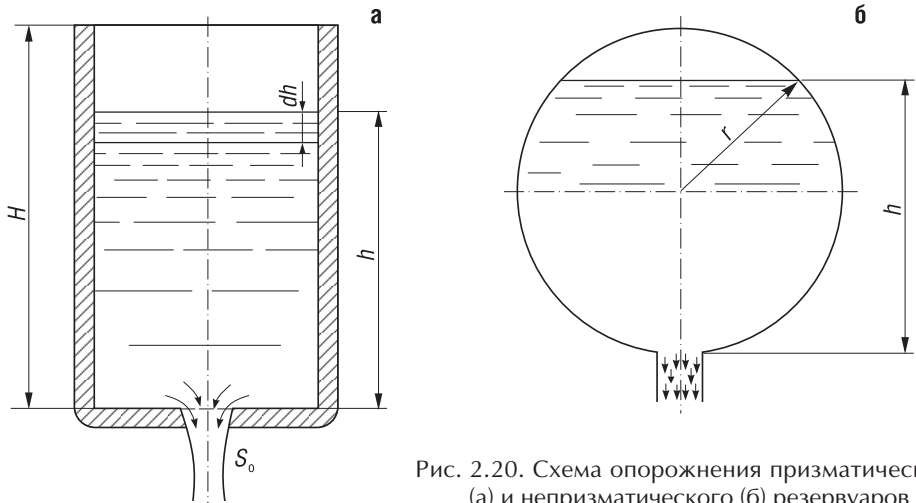


Рис. 2.20. Схема опорожнения призматического (а) и непризматического (б) резервуаров

$$t = \frac{1}{\mu S_0 \sqrt{2g}} \int_{h=H}^{h=0} S \frac{dh}{\sqrt{h}}.$$

Если будет известен закон изменения площади  $S$  по высоте  $h$ , то интеграл можно подсчитать. Для призматического сосуда  $S = \text{const}$  (рис. 2.20,а), а следовательно, время его полного опорожнения определится как

$$t = \frac{2SH}{\mu S_0 \sqrt{2gH}}. \quad (2.10)$$

Из выражения (2.10) следует, что время полного опорожнения призматического сосуда в два раза больше времени истечения того же объема жидкости при постоянном напоре, равном первоначальному.

Для определения времени истечения жидкости из горизонтального цилиндрического сосуда (цистерны) (рис. 2.20,б) выразим зависимость переменной площади  $S$  от  $h$ :

$$S = 2l\sqrt{h(D-h)},$$

где  $l$  — длина цистерны;  
 $D$  — диаметр цистерны.

Тогда время полного опорожнения такой цистерны, т. е. время изменения напора от  $h_1 = D$  до  $h_2 = 0$ , определим как

$$t = \frac{4lD\sqrt{D}}{3\mu S_0 \sqrt{2g}}.$$

### 7.5. Давление струи жидкости на ограждающие поверхности

Если вытекающая из отверстия или насадка струя попадает на неподвижную стенку, то она воздействует на нее с определенным давлением. Основное уравнение, по которому вычисляется давление струи на площадку, имеет вид:

$$P = (\gamma/g) Qv,$$

где  $\gamma$  — объемный вес; для воды  $\gamma = 1 \text{ гс/см}^3 = 1000 \text{ кгс/м}^3$ .

О силе компактной струи можно судить по тому факту, что такая струя с расходом 20 л/с при давлении 0,6 МПа сбивает человека с ног на расстоянии 25–30 м.

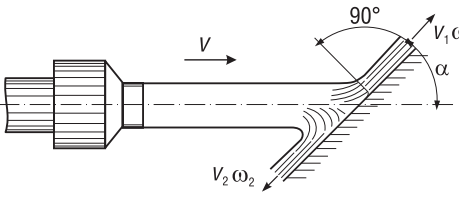
В табл. 2.2 приведены наиболее часто встречающиеся в практике ограждающие поверхности (преграды) и уравнения, по которым вычисляется давление струи на соответствующую поверхность. Давление струи, естественно, зависит от расстояния насадка до преграды: с увеличением расстояния струя рассеивается и давление уменьшается.

Таблица 2.2

Расчет давления струи на поверхность при различных преградах

№ п/п	Описание преграды	Уравнение для расчета давления
1		$P = \frac{\gamma}{g} Qv$
2		$P = \frac{\gamma}{g} Qv(1 - \cos\beta)$
3		$P = \frac{\gamma}{g} Qv(1 + \cos\beta)$
4		$P = \frac{2\gamma}{g} Qv$

Окончание табл. 2.2

1	5	
		$P = \frac{\gamma}{g} Q v \sin \alpha$

### 7.6. Реакция струи

Реактивная сила, т. е. сила, действующая в обратном направлении струи и стремящаяся сдвинуть водяной ствол назад, для насадков с круглым выходным отверстием определяется формулой

$$F = 1,5d^2p,$$

где  $p$  — давление, кгс/см<sup>2</sup>;  $d$  — диаметр насадка, см.

Сила реакции струй для различных давлений  $p$  и наиболее употребительных диаметров насадков  $d$  приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

**Реактивная сила струи в зависимости от напора струи и диаметра насадков**

Í àí îð, ì áîä. ñð.	Ðàäåðåáíàÿ ñåäà, åñí, íðå àèà ïòðä íàíàåèà, ì ì									
	13	16	19	22	25	28	32	38	44	50
10	2,7	4,0	5,7	7,6	9,8	12,3	16,1	22,6	30,4	39,2
20	5,4	8,0	11,3	15,2	19,6	24,6	32,2	45,2	60,8	78,4
30	8,0	12,1	17,0	23	29	37	48	68	91	117
40	10,6	16,1	22	30	39	49	64	90	121	157
50	13,0	20	28	38	49	62	80	113	152	196
60	16	24	34	45	59	74	96	135	182	235
70	19	20	40	53	68	86	112	158	212	274
80	21	32	45	61	78	98	129	181	240	314
90	24	36	51	68	88	111	145	203	270	352
100	27	40	57	76	98	123	161	226	300	392

Из табл. 2.3 видно, что разделение водяных стволов на ручные (с диаметрами насадков от 13 до 25 мм) и лафетные (с диаметрами насадков от 28 мм и более) связано с реактивной силой, которая с увеличением диаметра насадков заметно возрастает. В этом случае при давлении 40 м вод. ст. и бо-



лее трудно удерживать стволы с насадками диаметром 28 мм и более, даже при наличии двух ствольщиков и подствольщиков. Вследствие этого и стали применять лафетные стволы, т. е. стволы с опорными приспособлениями.

Для современных универсальных стволов с распыленной струей реакция струи вычисляется по формуле

$$F = 1,38Q\sqrt{P},$$

где  $Q$  — расход, л/с;  $P$  — давление, кгс/см<sup>2</sup>.

Реакция струи имеет и практическое применение, например в водометных двигателях катеров и гидроциклов. Оригинальное использование реакции струи нашел канадец Рэй Ли. Его летающий ранец “JetLev” (реактивная левитация) имеет отношение тяги к массе самого ранца вместе с пилотом 2,3 : 1 — это выше, чем у самых передовых самолетов вертикального взлета и вертолетов. Непрерывно летать на нем можно около 2 ч на высоте до 10 м со скоростью свыше 35 км/ч.

### 7.7. Турбулентность потоков жидкости в пожарных стволах

Одной из причин, снижающих дальность полета водяной струи, является возникающая в стволе турбулентность. Зарождение турбулентности в потоке жидкости возникает в пристеночном вязком слое [12] за счет образования вблизи обтекаемой стенки случайно во времени и пространстве характерных пятен возмущения. Эти пятна представляют собой сильно вытянутые в продольном направлении объемы жидкости, движущиеся медленнее, чем окружающая жидкость. В процессе своего развития пятна постепенно удаляются от стенки, края их закручиваются, образуя вихревые жгуты, ориентированные в продольном направлении под небольшим углом к стенке. На некотором критическом расстоянии от стенки вихревые элементы разрушаются, и возникает типичная высокочастотная турбулентная форма движения жидкости, описываемая уравнением Рейнольдса. Схема размещения и развития пятен возмущения представлена на рис. 2.21.

Причиной возникновения турбулентных вихрей являются также местные сопротивления, образующиеся в трубопроводе на подходе к стволу на участках изгиба потока, изменения сечений. Существенно также влияют на качество струй и условия подхода воды к насадку. По полученным экспериментальным данным в струе имеют место бесчисленные вихри, причиной возникновения которых в значительной мере являются турбулентные вихри, образующиеся в подводном трубопроводе, коленах лафетных стволов и т. д. Из опытных гидравлических работ известно, что для восстановления нормального распределения скоростей в потоке после какого-либо местного сопротивления необходимо устраивать прямой участок трубы, длина которого примерно равна 40 диаметрам трубы. При получении струй от руч-

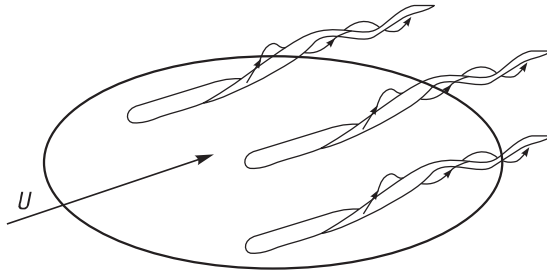


Рис. 2.21. Схема образования и развития пятен возмущения в пристеночном слое

ных стволов, присоединяемых к рукавным линиям, особых нарушений в распределении скоростей в рукавной линии не происходит, так как обычно рукава укладывают прямолинейно или со слабыми изгибами. В лафетных стволах, напротив, наличие колен в приспособлениях для вращения в горизонтальной и вертикальной плоскостях приводит к резким нарушениям в распределении скоростей по потоку. Поэтому для уменьшения турбулентности потоков жидкости в пожарных стволах используются различные успокоители (рис. 2.22).

Успокоители разбивают общее сечение потока на несколько сечений, что способствует восстановлению нормального или близкого к нормальному распределению скоростей в потоке. Успокоитель, состоящий из отдельных трубочек, наиболее совершенен в гидравлическом отношении, но сложен в изготовлении, поэтому обычно применяют выпрямители более простых конструкций. Успокоители эффективно работают только при их надлежащей длине. Так, длина успокоителя с внутренней концентрической трубкой должна составлять примерно 10 ее диаметров. При этом все секции, на которые разбивается поток, должны иметь одинаковые площади. Чтобы сам успокоитель не оказывал сопротивления движению воды, необходимо его поверхности делать гладкими, без заусенцев; концы выпрямителя должны быть заострены «под нож» со стороны, расположенной ближе к насадке.

На рис. 2.23 показан успокоитель, представляющий собой вставку из ряда пересекающихся плоских пластинок. Такой успокоитель нужно ставить на расстоянии, равном не менее чем 3–4 диаметрам трубы, от фасонной части, служащей источником образования вихрей. Выходной конец, более

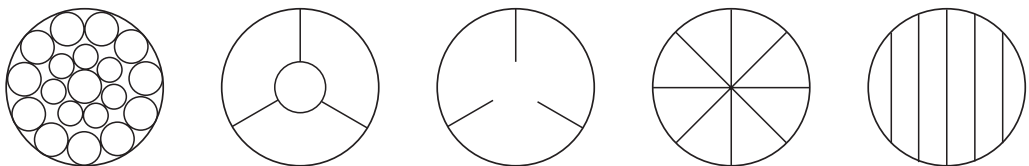


Рис. 2.22. Схемы успокоителей

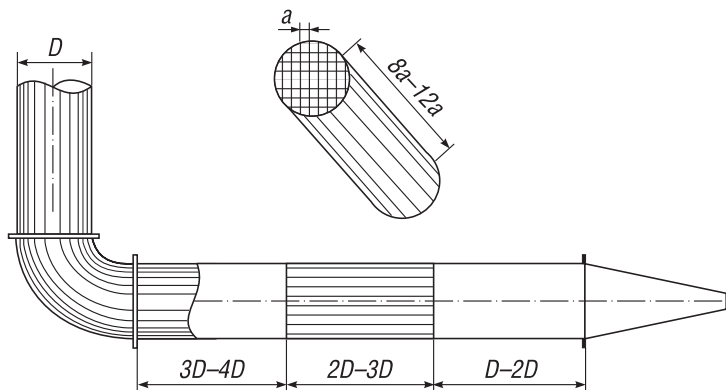


Рис. 2.23. Схема установки успокоителя

тонкий, должен находиться не ближе 1–2 диаметров до входа в насадок. Длина успокоителя должна в 8–12 раз превышать ширину его ячеек. Установка таких успокоителей увеличивает дальность полета струи на 8–10 %.

## 7.8. Кавитация

Явление кавитации (от лат. *cavitas* — пустота, каверна) известно в науке и технике немногим больше сотни лет. Впервые это явление обнаружил английский ученый О. Рейнольдс в 1894 г. на английских миноносцах.

Кавитация отличается от обычного кипения тем, что при повышении относительной скорости потока относительно тела понижается давление потока до давления насыщенных паров (ваккума). При этом жидкость вскипает, и образуется огромное количество кавитационных парогазовых пузырьков микроскопических размеров. Эти пузырьки, попадая в область повышенного давления, схлопываются (замыкаются, конденсируются) кумулятивными струйками в точки. В этих точках (а их огромное количество) кумулятивные эффекты приводят к точечному повышению давлений до десятков тысяч атмосфер, с образованием точечных температур в десятки тысяч кельвинов. Кроме того, резкое (внезапное) исчезновение кавитационных пузырьков приводит к образованию гидравлических ударов и, как следствие, к созданию волны сжатия и растяжения в жидкости с ультразвуковой частотой. Если ударная волна встречает на своем пути препятствие, то она разрушает его поверхность. Схлопывание многих тысяч кавитационных пузырьков в секунду может привести к значительным разрушениям.

Конструкция пожарных насадков для формирования распыленной воды выполнена таким образом, чтобы вода проходила через конический кольцевой зазор с постоянным ускорением, достигая высокой скорости. В результате местного понижения давления в жидкости, на участке выхода струи в атмосферу, возникает *гидродинамическая кавитация* с появлением мель-

чайших пузырьков. Это заметно на выходе струи из насадка, когда она теряет прозрачность и становится белой. Пристеночные области насадка обволакиваются этими кавитационными пузырьками, существенно уменьшая пристеночный контакт с потоком воды, снижая, соответственно, гидравлическое сопротивление и увеличивая тем самым скорость струи. Такой эффект используется военными. Например, сверхкавитационные торпеды, в которых используется этот принцип, могут передвигаться значительно быстрее, чем обыкновенные.

Перемещаясь с потоком, часть кавитационных пузырьков схлопывается, излучая при этом ударную волну. Это явление эффективно используется в промышленности при очистке поверхностей. С учетом того, что на качество струи большое влияние оказывает состояние внутренних поверхностей, такая кавитационная очистка от загрязнений и химических налетов позволяет сохранять хорошее качество внутренней поверхности насадка. Вместе с тем длительное воздействие кавитации может привести к разрушению поверхности твердых объектов, поэтому расчеты для гребных винтов судов, рабочих органов насосов и гидротурбин производятся с учетом кавитации.

### **7.9. Эффект усиления мощности на выходе струи из сопла в воздушную среду**

Истечением струи из сопла занимался еще Н. Г. Жуковский на рубеже XIX–XX веков. Активное развитие гидродинамики продолжается и в наше время. И здесь следует обратить внимание на открытие в какой-то степени парадоксального эффекта усиления мощности струи из сопла. Но подтвержденный многочисленными испытаниями эффект Л. С. Котоусова показывает усиление мощности струи в 4–4,5 раза по отношению к входной мощности потока воды, задаваемой ее входным давлением и объемным расходом. В работе Л. С. Котоусова [13] рассмотрены причины этого эффекта и источник дополнительной энергии. Применение уравнения Бернулли в двухмерном представлении вместо стандартно используемого для сопел одномерного показывает отрицательное избыточное давление в срезе сопла и в струе. Газовыделение и кавитация усиливают этот эффект из-за уменьшения плотности струи. В результате ускорение струи вызывается не только давлением на входе, но и снижением потенциальной энергии текущей среды за счет падения ее абсолютного давления вплоть до уровня технического вакуума. Обжатие струи воздухом атмосферы и восстановление равновесного с воздухом давления в воде приводят в итоге к повышению кинетической энергии струи за счет внутренней энергии воздуха.

Рассмотрим наиболее существенные моменты и возможности практического получения «энергии из воздуха» в ствольной пожарной технике.

При исследованиях, проведенных Л. С. Котоусовым, были изучены насадки различной формы: круглые, конические, плоские, с кольцеобразным выходом. Обнаруженный эффект подтвердился во всех опытах. В них сравнивалось отношение кинетической энергии струи к потенциальной энергии воды на входе в сопло, выражаемое величиной  $q$ :

$$q = \frac{\rho v^2}{2P} = \frac{mv^2}{2PQ},$$

где  $\rho$  — плотность воды на входе в сопло;

$P$  — избыточное (относительно атмосферного) давление на входе в сопло;

$v$  — средняя скорость струи в месте измерения;

$m$  — массовый расход воды, кг/с;

$Q$  — объемный расход воды, м<sup>3</sup>/с.

Величину  $q$  можно трактовать как коэффициент преобразования энергии, или коэффициент энергетической эффективности сопла.

Скорость струи измерялась микротурбиной, а скоростной напор — динамометром с лопастью, перпендикулярной оси струи, в отличие от обычно используемой в традиционной гидродинамике косвенной оценки скорости, которая рассчитывается на основе измерений расхода и сечения струи.

При измерении скорости струи по давлению, измеряемому динамометром, использовалась формула

$$v = 1,4F/m.$$

Главный и наиболее сенсационный результат этих опытов: *измеренная скорость соответствует кинетической энергии струи, почти в 4,5 раз превышающей ее потенциальную энергию, обусловленную гидравлическим давлением у входа в сопло.*

Причиной возникновения такого эффекта в трубах переменного сечения и в соплах является наличие радиальных составляющих градиента статического давления, которое может даже превышать осевую составляющую. Внутри сопла статическое давление уменьшается и на выходе из него становится отрицательным. В струе возникают сильные кавитационные процессы, намного снижающие ее среднюю плотность: поток в сопле и струя воды «разбухают». Нормальная составляющая напряжения, действующая со стороны воздуха, компенсирует возмущение струи. В результате получается следующая картина: воздух стремится обжать струю, имеющую пониженное статическое давление, что приводит к увеличению ее скорости, поддержанию процессов кавитации и газовыделения и, как следствие, к выравниванию статического давления с давлением воздуха. Полное выравнивание

практически происходит там, где струя начинает заметно расширяться, и здесь заканчивается передача струе энергии воздуха. Основным участком дополнительного разгона струи считается участок от среза сопла до окончания сжатого сечения (на прямом участке). Дополнительную энергию струя получает уже в воздухе.

Теперь о размерах и форме сопла. Как известно, при изменении линейных размеров площадь меняется в квадрате, а объем — в кубе. Поскольку дополнительную энергию струе придает обжатие ее внешним воздухом, воздействующим на ее поверхность, то увеличение размеров ведет к пропорциональному росту дополнительной энергии. Для насадков с кольцевым выходным сечением площадь контактной поверхности при одинаковом объеме потока значительно выше, чем, например, для конических насадков, поэтому и дополнительная «энергия из воздуха» выше. Этим объясняется и повышение мощности у плоских насадков. При этом необходимо соблюдать требование минимальной толщины: при толщине менее этой величины влияние поверхностных сил будет негативным.

## ГЛАВА 8. Пожарные насадки

### 8.1. Устройства для получения газовых и жидкостных струй

*Сопло* — специально спрофилированный канал, предназначенный для разгона жидкостей или газов до заданной скорости и придания потоку заданного направления. Оно служит также устройством для получения газовых и жидкостных струй. Поперечное сечение сопла может быть прямоугольным (плоские сопла), круглым (осесимметричные сопла) или произвольной формы. В сопле происходит непрерывное повышение скорости  $v$  жидкости или газа в направлении течения — от начального значения  $v_0$  во входном сечении сопла до наибольшего  $v = v_a$  — на выходе. В силу закона сохранения энергии одновременно с ростом скорости в сопле происходит непрерывное падение давления и температуры от их начальных значений  $P_0, T_0$  до наименьших значений  $P_a, T_a$  в выходном сечении. Таким образом, для реализации течения в сопле необходим некоторый перепад давления, т. е. выполнение условия  $P_0 > P_a$ . При увеличении  $T_0$  скорость во всех сечениях сопла возрастает в связи с ростом начальной потенциальной энергии. Пока скорость течения невелика, малы и соответствующие изменения давления и температуры в сопле, поэтому свойство сжимаемости (способность жидкости или газа изменять свой объем под действием перепада давления или изменения температуры) еще не проявляется, и изменением плотности среды  $\rho$  в направлении течения можно пренебречь, считая ее постоянной. В этих условиях для непрерывного увеличения скорости сопло должно

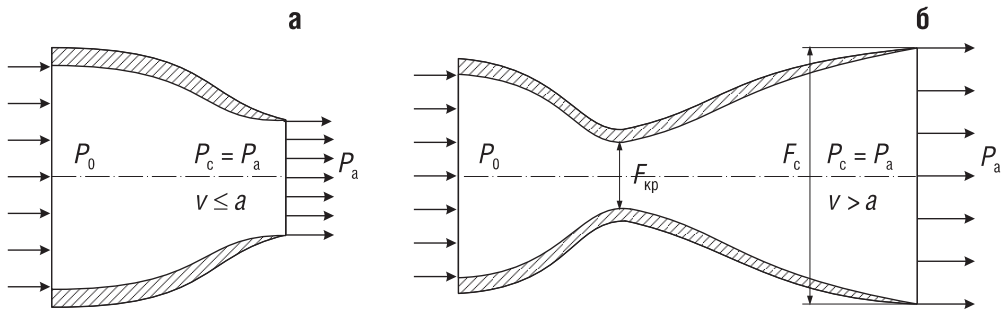


Рис. 2.24. Дозвуковое (а) и сверхзвуковое (б) сопла

иметь сужающуюся форму, так как в силу уравнения неразрывности  $\rho v S = \text{const}$  площадь поперечного сечения сопла  $S$  должна уменьшаться обратно пропорционально росту скорости. Однако при дальнейшем увеличении скорости  $v$  начинает проявляться сжимаемость среды и ее плотность уменьшается в направлении течения. Поэтому постоянство произведения трех множителей  $\rho v S$  в этих новых условиях зависит от темпа падения плотности  $\rho$  с ростом скорости  $v$ . При  $v < a$  (где  $a$  — местная скорость распространения звука в движущейся среде) темп падения плотности газа отстает от темпа роста скорости, поэтому для обеспечения разгона, т. е. увеличения  $v$ , площадь сечения  $S$  нужно уменьшить, несмотря на резкое снижение плотности (рис. 2.24,а, дозвуковое сопло). Однако при разгоне до скорости  $v > a$  падение плотности происходит быстрее, чем рост скорости, поэтому в сверхзвуковой части необходимо увеличить площадь  $S$  (рис. 2.24,б, сверхзвуковое сопло). Таким образом, сверхзвуковое сопло, называемое также соплом Лаваля, имеет вначале сужающуюся, а затем расширяющуюся форму (см. рис. 2.24,б). Изменение скорости вдоль сопла определяется законом изменения площади его поперечного сечения  $S$  по длине сопла. Давление в выходном сечении дозвукового сопла всегда равно давлению  $P_c$  в окружающей среде, куда происходит истечение из сопла ( $P_a = P_c$ ). При возрастании  $P_0$  и неизменном  $P_c$  скорость  $v_a$  в выходном сечении дозвукового сопла сначала увеличивается, а после того как  $P_0$  достигнет некоторой определенной величины, величина  $v_a$  становится постоянной и при дальнейшем росте параметра  $P_0$  не изменяется [14].

Сопла широко используются в технике (в паровых и газовых турбинах, ракетных двигателях, струйных аппаратах и т. п.). В зависимости от технического назначения сопла возникают специфические задачи его расчета, которые привели к бурному развитию теории сопла, учитывающей непрерывно меняющиеся параметры в двухфазном газожидкостном потоке [15].

## 8.2. Виды пожарных насадков

Для формирования пожарных струй из лафетных и ручных стволов применяют пожарные насадки. По форме струи пожарные насадки разделяют на *гладкоствольные* (или цилиндрические), используемые для формирования сплошных струй, и *распыляющие* (или кольцевые), используемые для формирования распыленных струй.

### Гладкоствольные насадки

Используются следующие виды гладкоствольных пожарных насадков: *конические*, *коноидальные* и *составные конические* (рис. 2.25). Конические насадки имеют угол конусности от 8 до 15°. Конус насадка заканчивается, как правило, цилиндрической частью, длина которой в небольших насадках составляет около одного диаметра, а в больших насадках — примерно 2/3–3/4 диаметра выходного сечения насадка. На конце цилиндрической части насадка обычно выполняется выемка «в четверть» для защиты выходной кромки насадка от повреждений. В конической части струя с наименьшими потерями давления разгоняется до высокой скорости.

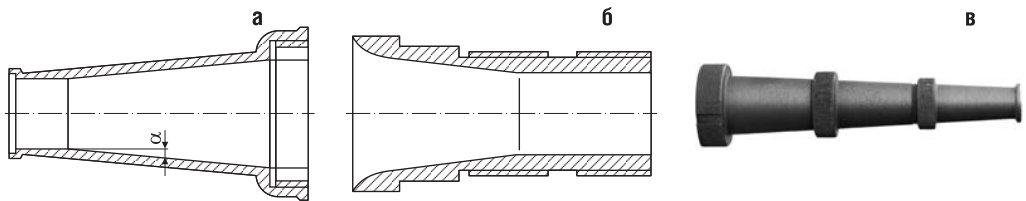


Рис. 2.25. Конические (а), коноидальные (б) и составные конические (в) насадки

Цилиндрическая часть насадка служит для уменьшения сжатия сечения струи при выходе из него. Наилучшими гидравлическими параметрами обладают коноидальные насадки, у которых коэффициенты расхода и скорости больше, чем у других типов насадков. Эти насадки рекомендуют для получения струй повышенной дальности. Большое влияние на качество струи оказывает обработка внутренних поверхностей насадка. Наилучшие результаты достигаются при полированной поверхности. Для сохранения хорошего качества внутренней поверхности насадков их следует изготавливать из цветных металлов (бронзы, латуни, алюминиевых сплавов) или из нержавеющей стали и содержать в хорошем состоянии, предохраняя от загрязнений и пр.



### Распыляющие насадки

В настоящее время на смену пожарным стволам с коническими насадками и сплошными струями приходят стволы, формирующие распыленную струю воды. По ГОСТ Р 51115–97 [11] эти стволы маркируются буквой «У» (универсальные).

Распыляющий насадок (рис. 2.26) имеет внутри дефлектор в виде тарельчатого сердечника с поверхностью параболической формы. Вода, обтекающая сердечник, по кольцевому отверстию, образованному цилиндрическими стенками корпуса насадка и сердечником, выбрасывается в виде мощной струи, полый внутри. Насадок этой конструкции является наиболее экономичным по расходу воды по сравнению с любым гладкоствольным насадком. Расход воды  $Q$  (м<sup>3</sup>/с) распыляющего кольцевого насадка определяется по формуле

$$Q = \kappa\pi(R^2 - r^2)(2gH)^{1/2} = 13,90\kappa(R^2 - r^2)H^{1/2},$$

где  $R$  — радиус корпуса насадка, м;

$r$  — радиус сердечника, м;

$\kappa$  — конструктивный коэффициент насадка;

$H$  — напор у насадка, м.

Диапазон расходов для ручных стволов составляет от 2 до 16 л/с, для лафетных — от 20 до 500 л/с.

Конструкция для формирования распыленной воды выполнена таким образом, чтобы вода проходила через кольцевой щелевой зазор на высокой скорости до кавитации, проявляющейся в виде мельчайших пузырьков, приводящих к дроблению сплошности струи с дисперсностью частиц от 100 до 400 мкм. Вода в потоконаправляющей части распыляющего насадка формируется в виде цилиндрического потока, полого внутри, диаметром, равным внутреннему диаметру насадка. Из распыляющего насадка вода выходит с одинаковой скоростью на всех участках в разрезе струи в отличие от сплошной струи, выходящей из конического насадка, где струя имеет зна-

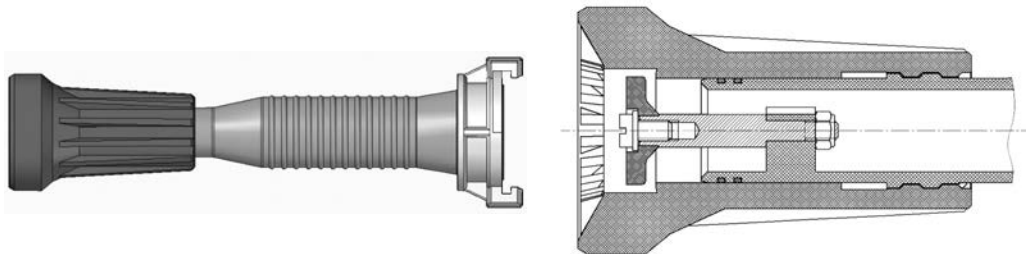


Рис. 2.26. Распыляющий насадок

чительно бóльшую скорость в центре, чем по краям, и уже на выходе имеет тенденцию к распаду. Вакуум, создаваемый внутри прямой распыляющей струи, фокусирует струю к центру после прохождения небольшого расстояния от насадка (рис. 2.27) и равномерно заполняет весь внутренний объем распыленной капельной массой, направленный поток которой образно называют *летащим туманом (Jet Fog)*.

Сформированная таким образом струя, имеющая одинаковую скорость в разрезе, получается тугой и стабильной; при оптимальном давлении (0,7 МПа) правильно отрегулированная прямая распыленная струя по дальности превосходит струю, получаемую из гладкоствольного насадка. При этом распыленная масса воды в десятки раз превосходит по эффективности пожаротушения показатели сплошных водяных струй вследствие высокого поглощения ею тепловой энергии из-за многократно увеличившейся площади контактной поверхности.

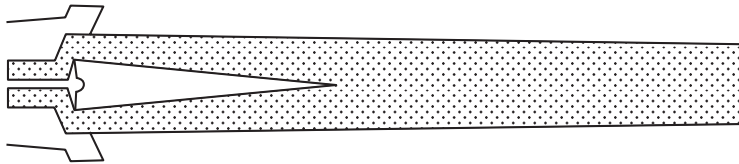


Рис. 2.27. Схема формирования струи из распыляющего насадка

Для получения пены низкой кратности не требуется менять насадок, достаточно лишь подать на вход ствола раствор пенообразователя; при этом его скорость на вылете из насадка будет такая же, как и воды. Пена формируется уже в полете при контакте потока распыленной массы с воздухом. В результате дальность подачи пены будет значительно выше, чем у стволов, формирующих воздушно-механическую пену, в которых турбулентный поток образуется уже в самом стволе.

В основном используются следующие виды распыляющих ручных стволов и насадков: с *постоянным расходом, перекрывные, с регулируемым расходом, автоматические, с эжектированием пенообразователя.*

Распыляющие насадки, как правило, выпускаются с возможностью изменения угла факела распыления от 0 до 120°. Для этого достаточно повернуть бампер насадка относительно корпуса на требуемый угол; при этом тарельчатый сердечник перемещается к выходному отверстию, и струя из прямой формируется в конусную на задаваемый угол распыления. Общий вид устройства и подробное описание даны в ч. 6, гл. 3, рис. 6.2. На рис. 2.28 приведены фотографии струй при различных углах распыления.

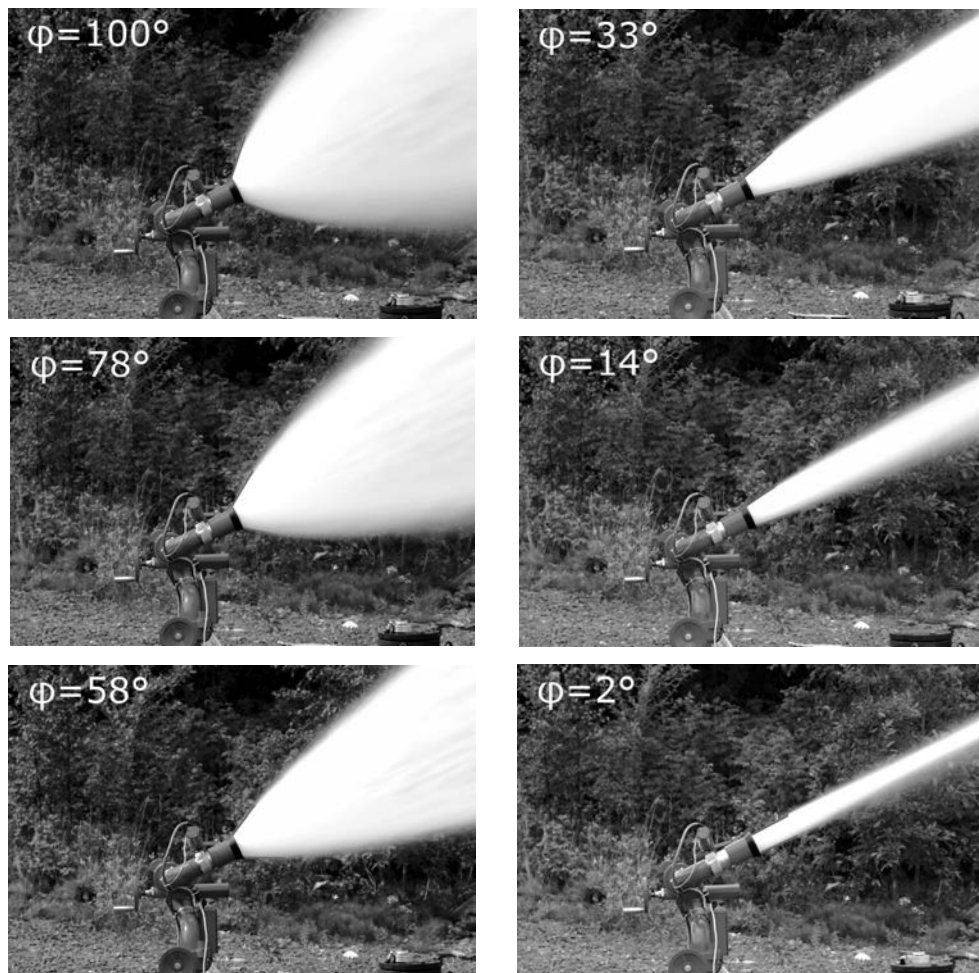


Рис. 2.28. Снимки струй при различных углах распыления

Ручные стволы и насадки перекрывные имеют отдельное перекрывное устройство — шаровой кран или дисковый затвор. В некоторых конструкциях сам тарельчатый сердечник используется в качестве перекрывного клапана, перемещаемого поворотом бампера насадка относительно корпуса в сторону сужения струи до перекрытия.

Устройство ручных стволов и насадков с регулируемым расходом дает возможность менять расход, например, посредством изменения кольцевого щелевого зазора за счет поворота втулки расхода  $I$  (рис. 2.29), который определяет расход струи из насадка.

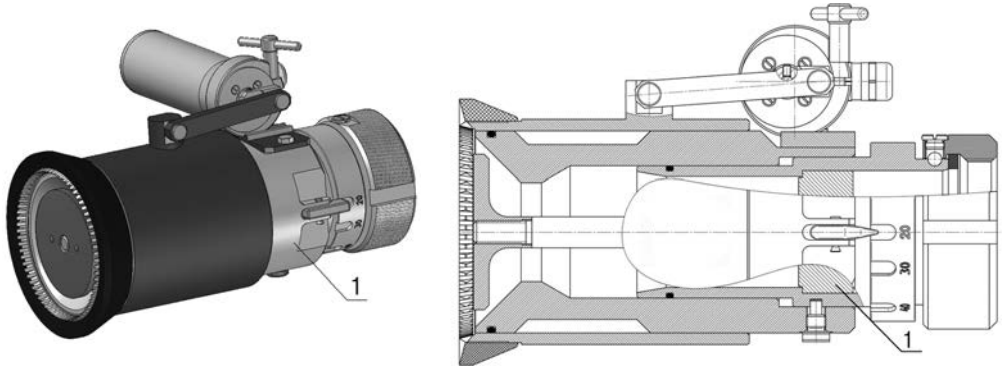


Рис. 2.29. Насадок с регулируемым расходом

Ручные стволы-автоматы и насадки-автоматы поддерживают оптимальную струю при перепадах расхода в линии подачи воды. Достигается это подпружиненным тарельчатым сердечником, который автоматически поддерживает давление в рабочем диапазоне путем изменения кольцевого щелевого зазора под действием пружины (см. ч. 7, подразд. 7.5).

Ручные стволы и насадки с эжектированием пенообразователя включают в себя эжектор, который под действием вакуума подсасывает в поток воды пенообразователь в заданной концентрации (см. ч. 7, подразд. 7.2).

**В** этой части книги рассматривается баллистика струй, истечение которых происходит из замкнутых объемов, например резервуаров или труб, под напорным давлением. Баллистика струй — движение в полете водяных струй в свободном пространстве, а именно в воздушной среде при атмосферном давлении.



## ГЛАВА 1. Основы баллистики

В 1638 г. Галилей предположил, что траектория движущихся в пространстве брошенных тел является параболой. С этого времени расчеты траекторий производились по формулам *параболической теории*. В 1721 г. член Петербургской Академии наук Даниил Бернулли решил задачу о движении брошенного тела с учетом силы сопротивления воздуха. Он принимал силу сопротивления воздуха пропорциональной квадрату скорости движения тела. Новая эра в баллистике началась с работ знаменитого петербургского академика Леонарда Эйлера. В 1753 г. Эйлер дал более простое решение задачи о движении твердого тела в воздухе и предложил метод расчета траекторий, который применяется до сих пор. Как самостоятельная область науки баллистика получила широкое развитие с середины XIX в. благодаря трудам великих русских математиков Н. И. Лобачевского, П. Л. Чебышева, М. В. Остроградского.

Рассмотрим основные понятия из теории баллистики применительно к полету водяных струй в пространстве.

### 1.1. Предмет и задачи баллистики. Траектория тела и ее элементы

*Баллистикой* называется наука, изучающая движение тела в поле гравитации и воздушной среде. Вылетев из ствола, струя движется в воздухе по

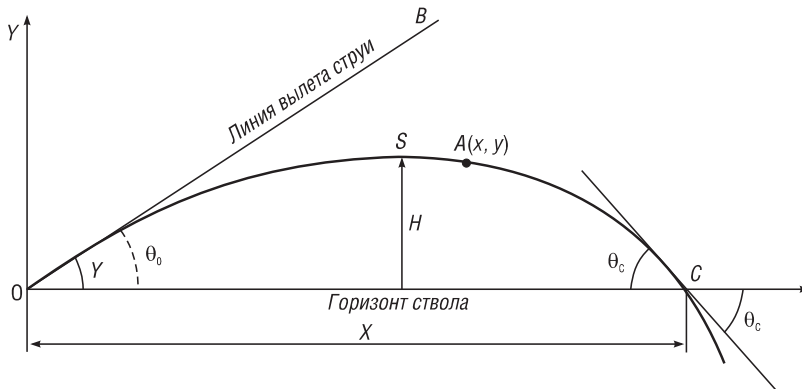


Рис. 3.1. Траектория струи

инерции. Линия, описываемая струей при ее полете, называется траекторией.

Основной задачей баллистики является решение вопроса о том, с какой начальной скоростью и под каким углом наведения должна вылететь струя, чтобы достигнуть данной точки на поверхности или в пространстве. Ознакомимся с основными терминами и определениями, принятыми в баллистике (рис. 3.1).

*Точка вылета (O)* — точка среза ствола, начало полета струи.

*Горизонт ствола (OC)* — горизонтальная плоскость, проходящая через точку вылета.

*Линия вылета струи (OB)* — продолжение оси ствола в момент вылета.

*Вершина траектории (S)* — наивысшая точка траектории.

*Высота траектории (H)* — расстояние от вершины траектории до горизонта ствола.

*Точка падения (C)* — точка пересечения траектории с горизонтом ствола.

*Горизонтальная дальность (X)* — расстояние по горизонту от точки вылета до точки падения.

*Угол наведения ( $\theta_0$ )* — угол между линией вылета струи и горизонтом ствола.

*Угол падения ( $\theta_c$ )* — угол, заключенный между касательной к траектории в точке падения и горизонтом ствола.

*Плоскость наведения* — вертикальная плоскость, проходящая через линию вылета струи.

*Восходящая ветвь траектории (OS)* — часть траектории от точки вылета до вершины траектории.

*Нисходящая ветвь траектории (SC)* — часть траектории от ее вершины до точки падения.

*X, Y* — координаты, определяющие положение струи в пространстве.

## 1.2. Движение тела под действием силы тяжести

*Действие сил тяжести* не зависит от скорости полета тела, поэтому снижение тела в полете под линией вылета также будет совершаться по *закону свободного падения тел*, выпущенных под углом к горизонту ствола (рис. 3.2).

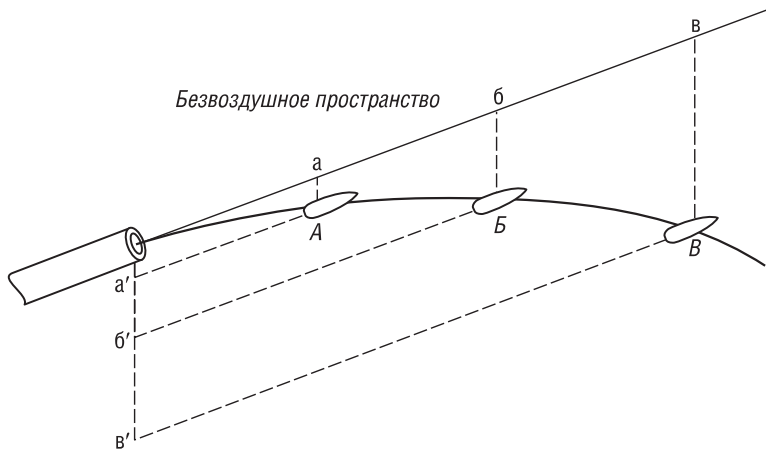


Рис. 3.2. Траектория полета тела под действием силы тяжести в безвоздушном пространстве

В конце первой секунды полета под действием силы тяжести тело окажется не в точке *a*, а в точке *A* благодаря поступательному движению тела в первоначальном направлении и движению его под действием силы тяжести.

Рассматривая аналогичное положение тела в конце 2, 3-й секунды и т. д., получим точки соответственно *B*, *B* и т. д. (см. рис. 3.2). Сокращая последовательно промежутки времени, через которые определялось положение тела, можно получить ряд очень близко отстоящих друг от друга точек. Соединив их кривой, мы получим графическое изображение траектории полета тела без учета силы сопротивления воздуха. Математическим выражением закона движения тела является уравнение траектории, которое отражает зависимость между координатами *X*, *Y* в любой точке полета тела.

Выведем уравнение траектории полета тела под действием только силы тяжести. Допустим, что в безвоздушном пространстве мы подаем струю под углом наведения  $\theta_0$  с начальной скоростью  $V_0$  (рис. 3.3). Вылетая из ствола, струя опишет определенную траекторию и упадет в точке *D*. Необходимо найти, на какой высоте над горизонтом ствола будет пролетать струя на рас-

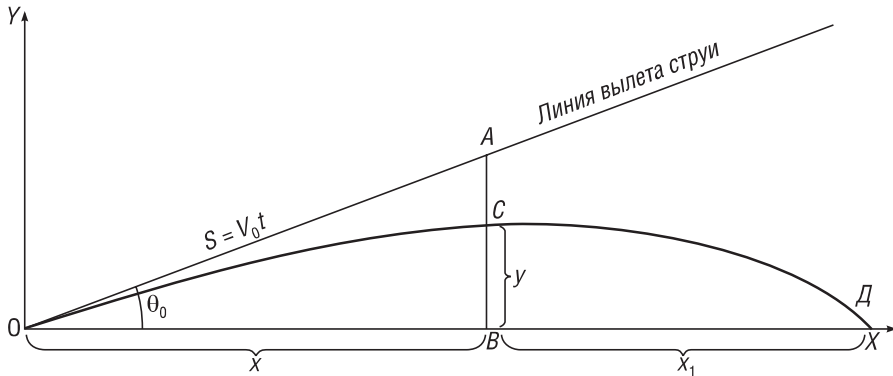


Рис. 3.3. Иллюстрация к задаче по выводу уравнения траектории полета тела под действием только силы тяжести

стоянии  $X$  от точки вылета при данных значениях  $V_0$  и  $\theta_0$ . Для вывода уравнения поместим начало системы координат в точке вылета, как это показано на рис. 3.3.

Из рис. 3.3 видно, что

$$y = AB - AC. \quad (3.1)$$

Определим значения отрезков  $AB$  и  $AC$ . Значение  $AB$  находится из треугольника  $OAB$ :

$$AB = x \operatorname{tg} \theta_0.$$

Отрезок  $AC$  есть не что иное как снижение струи под линией вылета струи за время ее полета до точки  $C$ . Снижение как путь, проходимый свободно падающим телом, определяется по формуле

$$AC = h = \frac{gt^2}{2}.$$

Время полета тела до точки  $C$  находится следующим образом:

$$OA = V_0 t,$$

откуда

$$t = \frac{OA}{V_0}.$$

Из треугольника  $OAB$  видно, что



$$OA = \frac{x}{\cos \theta_0}.$$

Таким образом,

$$t = \frac{x}{V_0 \cos \theta_0}.$$

Тогда

$$AC = \frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2 \theta_0}.$$

Подставив найденные значения  $AB$  и  $AC$  в выражение (3.1), получим уравнение траектории:

$$y = x \operatorname{tg} \theta_0 - \frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2 \theta_0}. \quad (3.2)$$

Уравнение (3.2) описывает траекторию полета тела в безвоздушном пространстве под действием только силы тяжести, которая представляет собой параболу. Поэтому траекторию полета снарядов в пустоте называют *параболической траекторией*.

### 1.3. Движение тела в воздухе

При движении тела в воздухе, кроме силы тяжести, на него действует сила сопротивления воздуха. Сила сопротивления воздуха, а следовательно, и интенсивность воздействия на тело, может значительно превосходить силу тяжести. Эта разница тем больше, чем меньше масса тела и больше скорость его полета.

О степени влияния силы сопротивления воздуха на траекторию полета снаряда можно судить по следующему примеру. Дальность полета пули образца 1908 г. при наличии силы сопротивления воздуха равна 3825 м, что в 17 раз меньше, чем в безвоздушном пространстве.

Сопротивление воздуха полету вызывается тремя основными причинами: вязкостью воздуха; отрывом пограничного слоя с образованием завихрения; образованием баллистической волны.

*Вязкость воздуха* объясняется наличием внутреннего сцепления между частицами воздуха. Частицы воздуха, непосредственно примыкающие к телу, вследствие сцепления с его поверхностью движутся со скоростью тела. Следующий слой частиц воздуха в результате внутреннего сцепления также приходит в движение, но уже с несколько меньшей скоростью. Движение

этого слоя передается следующему, скорость которого ниже предыдущего, и так до тех пор, пока разность скоростей частиц не станет равной нулю. Образуется так называемый *пограничный слой*. В пограничном слое возникают касательные напряжения, которые можно отнести к силам трения. На их преодоление расходуется часть энергии тела, что и приводит к уменьшению скорости его полета.

Если слой воздуха, раздвинутый головной частью тела, сомкнется за телом (летающей каплей) сразу, то сопротивление воздуха будет наименьшим. В этом случае кинетическая энергия тела будет расходоваться только на раздвигание слоя воздуха и преодоление сил трения, возникающих в пограничном слое. В реальности же при движении тела пограничный слой, достигнув окончания тела, отрывается от него. За телом образуется разреженное пространство, куда засасываются частицы воздуха из пограничного слоя. Пограничный слой при этом «скатывается», образуя *турбулентные завихрения*. В связи с этим давление за телом оказывается ниже атмосферного, и телу приходится преодолевать эту разность давлений.

При движении тела со скоростью меньше скорости звука образование завихрения является главной причиной возникновения сопротивления воздуха. На характер завихрения особенно сильно влияет форма хвостовой части тела. Конусообразная или каплевидная сходящаяся форма хвостовой части наиболее целесообразна для тел, имеющих скорость меньше скорости звука. Влияние формы головной части на характер завихрения имеет гораздо меньшее значение.

Суммарная сила сопротивления, возникающая по указанным выше причинам, и есть *полная аэродинамическая сила*. Вследствие значительной сложности такого явления, как сопротивление воздуха, до сих пор не выявлена полная теоретическая зависимость, выражающая величину силы сопротивления. Существует ряд эмпирических формул для выражения силы сопротивления воздуха  $R$ . Приведем одну из них:

$$R = C \frac{rV^2}{2} S \quad (3.3)$$

где  $C$  — баллистический коэффициент;

$r$  — плотность воздуха;

$S$  — площадь поперечного сечения тела.

Сила сопротивления воздуха зависит от следующих причин: формы тела, площади поперечного сечения тела, плотности воздуха, скорости тела. Форма тела выражается через коэффициент формы  $i$ . Принимаем  $i = 1$ , учитывая каплевидную форму частиц струи, обуславливающую наименьшее сопротивление. Сила сопротивления воздуха изменяется прямо пропорционально квадрату диаметра тела.

В развернутом виде зависимость для оценки силы  $R$  может быть представлена в виде:

$$R = \frac{1000id^2}{g} H(y) F(v), \quad (3.4)$$

где  $d$  — диаметр тела;

$H(y)$  — функция, показывающая изменение плотности воздуха с высотой (в нашем случае  $H(y) = 1$ );

$F(v)$  — функция, показывающая зависимость изменения плотности воздуха от скорости движения тела.

Влияние скорости полета тела на силу сопротивления воздуха характеризуется функцией  $F(v)$ , называемой *функцией сопротивления*. Для приближенного определения значения  $F(v)$  можно пользоваться эмпирическими формулами. В частности, при дозвуковых скоростях

$$F(v) = 1,21 \cdot 10^{-4} V^2.$$

По силе сопротивления воздуха нельзя определить главного: как быстро будет уменьшаться скорость полета данного тела. Возьмем два одинаковых по форме тела, но одно из них пустотелое. Придадим им одинаковую скорость полета. Сила сопротивления для обоих тел будет одинаковая, так как сила сопротивления воздуха не зависит от веса тел  $q$  (это видно из формулы (3.3), куда не входит этот параметр). Тем не менее они полетят по-разному. Пустотелое тело быстро потеряет свою скорость и упадет, тогда как тяжелое тело будет медленно терять свою скорость и пролетит достаточно далеко. С точки зрения падения скорости на траектории представляет интерес не сама сила сопротивления воздуха  $R$ , а то замедление (ускорение), которое она придает движению тела. Ускорение силы сопротивления воздуха  $J$  определяется как отношение действующей силы  $R$  к массе тела  $m$ :

$$J = R/m,$$

где  $m = q/g$ .

Тогда

$$J = Rg/q. \quad (3.5)$$

Поставив в выражение (3.5) значение  $R$  и сократив его на  $g$ , получим:

$$J = \frac{1000id^2}{q} H(y) F(v). \quad (3.6)$$

В выражении (3.6) множитель  $1000id^2/q$  называется *баллистическим коэффициентом* и обозначается  $C$ . Тогда окончательное выражение ускорения силы сопротивления воздуха будет иметь вид:

$$J = CH(y)F(v). \quad (3.7)$$

Анализируя данную формулу, мы видим, что *ускорение силы сопротивления воздуха зависит от величины баллистического коэффициента  $C$ , плотности воздуха и скорости тела*. Влияние последних двух факторов уже рассматривалось при анализе формулы (3.3), выражающей силу сопротивления воздуха. Баллистический коэффициент объединяет в себе влияние размеров, формы и массы тела, т. е. он дает полную характеристику его полетным качествам. Из формулы (3.7) видно, что чем меньше баллистический коэффициент  $C$ , тем меньше ускорение силы сопротивления  $J$  и тем медленнее тело теряет свою скорость.

#### 1.4. Общие свойства траектории тела в воздухе

Траектории тела в воздухе характеризуются следующими свойствами (рис. 3.4):

- траектория представляет собой несимметричную кривую двойкой кривизны;
- угол падения по своей абсолютной величине больше угла наведения;
- скорость тела в точке падения меньше начальной скорости;
- восходящая ветвь траектории длиннее и более пологая, чем нисходящая;
- время полета тела от точки вылета до вершины меньше времени полета от вершины до точки падения.

Для решения практических задач, связанных с полетом тел, баллистика установила уравнения траектории полета тела в воздухе. Они очень сложны и представляют собой систему нескольких уравнений. Кроме них, установ-

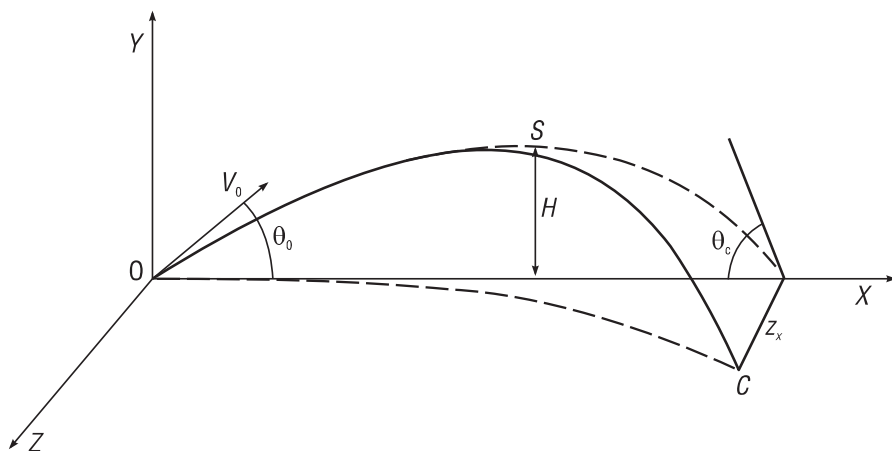


Рис. 3.4. Траектория полета тела в воздухе

лен ряд эмпирических выражений уравнения траектории полета тела в воздухе. Можно привести в пример одно из приближенных уравнений траектории полета тела в воздухе, сходное по виду с известным нам уравнением траектории в безвоздушном пространстве:

$$y = x \operatorname{tg} \theta_0 - \frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2 \theta_0} (1 + KV_0^2 X),$$

где  $K$  — эмпирический коэффициент, определяемый опытным путем при максимальной горизонтальной дальности  $X$ .

Добавляемый в уравнение для траектории полета тела в воздухе множитель показывает большее (чем в безвоздушном пространстве) снижение (снаряда) тела под линией (бросания) вылета. Следовательно, траектория имеет большую крутизну и меньшую дальность при прочих одинаковых условиях с полетом в безвоздушном пространстве.

### 1.5. Номинальные данные по наведению ствола

Для достижения определенной дальности стволу необходимо придать угол наведения. Величина этого угла зависит от целого ряда причин:

- расстояния до цели;
- начальной скорости;
- массы тела;
- его баллистического коэффициента и т. д.

Влияние всех этих факторов при наведении ствола одновременно невозможно, поэтому допускают, что величина угла наведения зависит только от дальности полета струи. Все остальные параметры учитываются поправками относительно номинальных данных.

К номинальным данным относятся баллистические данные при номинальных условиях — масса тела и начальная скорость. Для струи эти параметры являются производными от номинальных величин расхода и давления. Например, для лафетного ствола ЛС-С20У номинальными данными будут: расход  $Q_n = 20$  л/с, давление  $P_n = 0,6$  МПа.

За номинальные принимаются следующие условия:

- метеорологические: ветер отсутствует;
- топографические: цель находится на горизонте ствола.

При полете струи с номинальными данными и в этих условиях угол наведения ствола соответствует номинальной дальности.

Если какие-то условия полета тела будут отличаться от номинальных, то дальность полета не будет соответствовать номинальной дальности и в угол наведения следует вносить соответствующую поправку.

## 1.6. Влияние ветра на полет струи

Ветер оказывает значительное влияние на полет струи. Это влияние тем значительнее, чем больше скорость ветра и меньше расход и давление на стволе. Сила ветра определяется его скоростью:

- до 3 м/с — слабый;
- 3–6 м/с — умеренный;
- 8–10 м/с — сильный.

Ветер может быть попутным, встречным, направленным под углом к плоскости стрельбы. При попутном ветре сопротивление воздуха уменьшается, поэтому дальность полета тел увеличивается; при встречном ветре дальность полета, напротив, уменьшается.

Одним из условий, определяющих качество струи, является ее неразрушаемость при слабом ветре до 3 м/с. При большей скорости ветра дальность струй значительно сокращается. Так, по наблюдениям Фримана [9], при ветре около 4,5 м/с дальность струй уменьшается примерно на 40 % за счет сноса капель в раздробленной части струи.

## 1.7. Виды и элементы траекторий

При полете тела с увеличением угла наведения от 0 до 90° горизонтальная дальность сначала увеличивается до какого-то предела, а затем уменьшается до нуля (рис. 3.5).

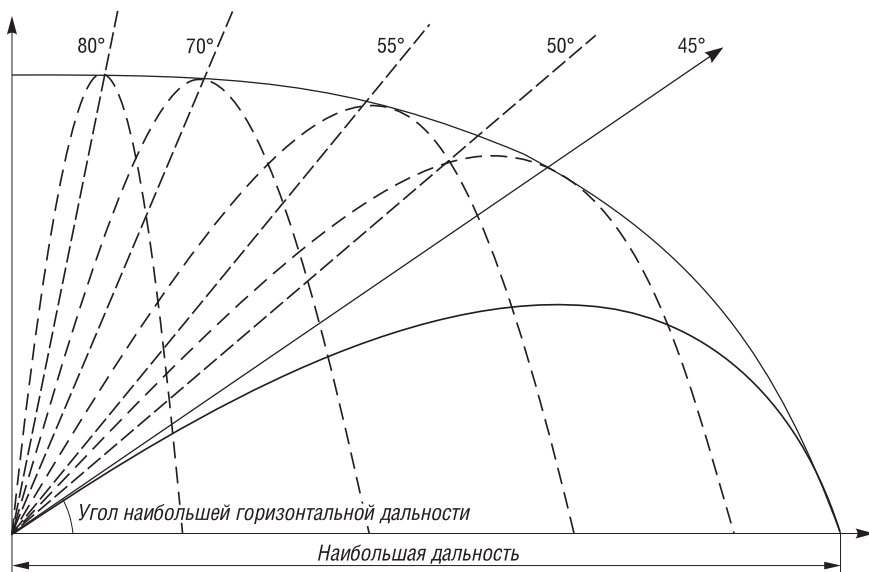


Рис. 3.5. Зона действия струи под различными углами наведения

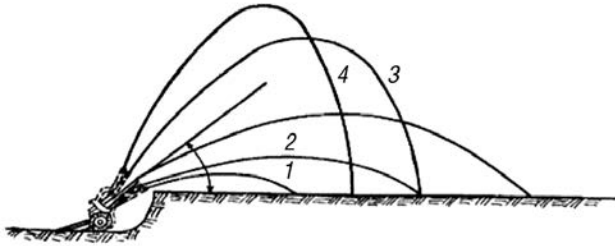


Рис. 3.6. Виды траекторий: 1, 2 — настильные; 3, 4 — навесные; 2, 3 — сопряженные

Угол возвышения меньше угла наибольшей дальности (рис. 3.6, траектории 1 и 2).

*Навесными* называют траектории, у которых угол возвышения больше угла наибольшей дальности (см. рис. 3.6, траектории 3 и 4).

*Сопряженными* называют траектории, образуемые двумя траекториями с при одинаковой горизонтальной дальностью, одна из которых настильная, а другая — навесная (см. рис. 3.6, траектории 2 и 3).

Каждый вид траекторий имеет свои существенные особенности. У настильных траекторий с увеличением угла возвышения горизонтальная дальность увеличивается, а у навесных — наоборот, уменьшается.

До сих пор рассматривались свойства и элементы траектории без учета характера местности в районе цели и характера самой цели, на которую наводится струя. Вполне естественно, что характер цели и местности, на которой расположена данная цель, оказывают значительное влияние на попадание по целям, затрудняя или облегчая выполнение поставленной задачи. Для более детального изучения этих факторов необходимо рассмотреть элементы траектории у точки встречи [16].

*Точкой встречи С* называется точка пересечения траектории с поверхностью цели (преграды) или земли (рис. 3.7).

Расстояние от точки вылета до точки встречи называется действительной дальностью. Угол, образованный касательной к траектории в точке

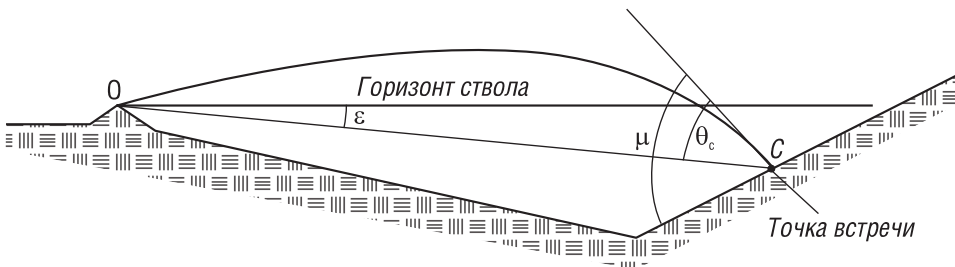


Рис. 3.7. Точка встречи

Угол наведения, при котором достигается наибольшая дальность, называется углом наибольшей дальности. Угол наибольшей дальности делит все траектории на два вида — настильные и навесные.

*Настильными* называют траектории, у которых

встречи и касательной к поверхности цели (преграды, земли) в той же точке, называется *углом встречи*  $\mu$ .

## ГЛАВА 2. Физические характеристики водяных струй в свободном полете

Баллистика струй, кроме общих факторов с баллистикой твердых тел, учитывает физические факторы, присущие струям: уменьшение плотности струи и увеличение площади ее сечения по мере удаления от ствола, формирование в полете двухфазного газожидкостного потока.

### 2.1. Характеристики струй на различных стадиях полета

Исследования показывают, что сплошная струя может быть разбита на три характерные части — *сплошную*, *раздробленную* и *распыленную* (рис. 3.8). В пределах сплошной части сохраняется цилиндрическая форма струи без нарушения сплошности потока. В пределах раздробленной части сплошность потока нарушается, причем струя постепенно расширяется. Наконец, в пределах распыленной части струи происходит окончательный распад потока на отдельные капли [17].

Движение водяной струи в воздушной среде определяется скоростью истечения, формой насадка, площадью живого сечения насадка и степенью турбулентности потока перед насадком. В зависимости от этих характеристик меняется характер взаимодействия струи с окружающей средой. Струя разрушается под влиянием действующих на нее силы тяжести, сопротивления воздуха и внутренних сил, вызываемых турбулентностью струи и колебательно-волновым характером движения в ней жидкости. На стадии распада струи в качестве дополнительных сил, способствующих распылению струи на капли, будут выступать силы поверхностного натяжения.

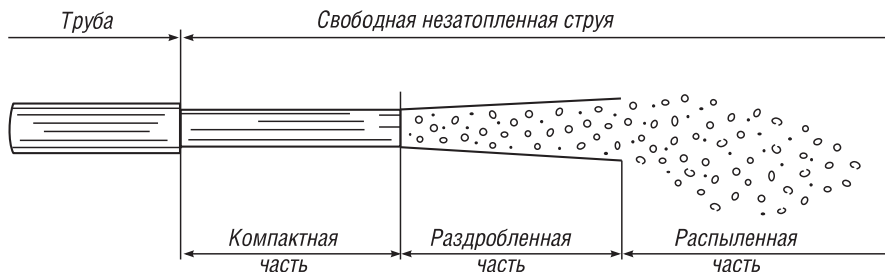


Рис. 3.8. Составные части свободной струи



## 2.2. Характеристики водяных струй в зависимости от давления

Существует условное разделение свободных водяных струй в зависимости от давления перед насадком:

- до 1 МПа — низкого давления;
- 1–5 МПа — среднего давления;
- 5–6 МПа — высокого давления;
- более 6 МПа — сверхвысокого давления.

Для струй низкого давления характерны гладкая поверхность и прозрачность на начальном участке. На определенном расстоянии от насадка на поверхности струи образуются волны, амплитуды которых нарастают по длине струи, в результате происходит отрыв отдельных капель, а затем дробление на капли всего объема воды и далее — факельное распыление раздробленной струи. Характер распада струи, описанный выше, называют волновым. При увеличении начальной скорости струи длина компактного участка уменьшается. В струях высокого давления компактный участок практически отсутствует. В этом случае характер распада струи определяется как турбулентный распыл. На рис. 3.9 приведены фотографии составных частей свободной струи по данным Института механики МГУ.

Вода вытекает из сопла диаметром 6 мм со скоростью 25 м/с. Как видно из рис. 3.9,а, на начальном участке струя имеет ламинарный характер, но

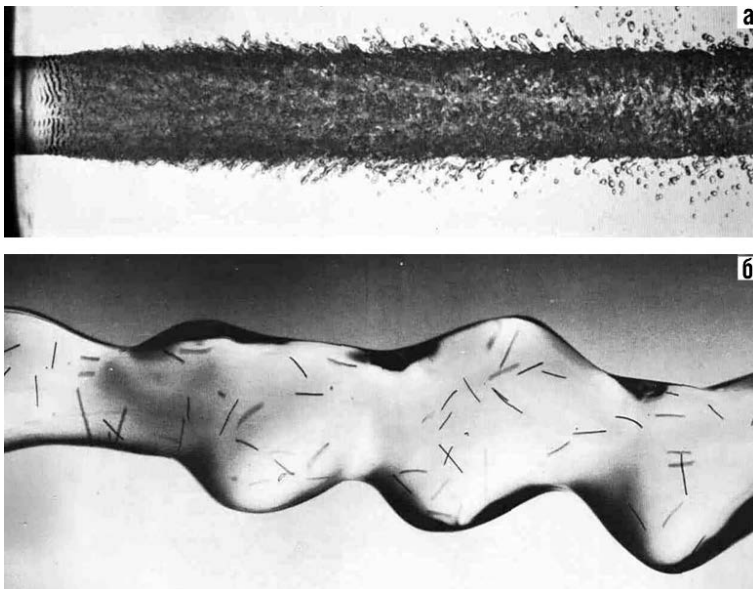


Рис. 3.9. Вид водяной струи, вытекающей в неподвижный воздух (а), перед распадом (б)

уже на расстоянии, равном диаметру струи, появляются осесимметричные волны неустойчивости. В дальнейшем эти волны хаотически разрастаются, и процесс завершается выбросом мелких капель.

Мелкие кусочки нитей из синтетического материала диаметром примерно 0,015 мм и длиной менее 1 мм находятся в воде во взвешенном состоянии и служат трассирующими элементами (см. рис. 3.9,б). Струя воды истекает через сопло диаметром 6 мм со скоростью 16 м/с в неподвижный воздух. При характерном для этого течения высоком значении числа Рейнольдса струя разрушается за счет винтовой неустойчивости в отличие от осесимметричной формы потери устойчивости, проявляющейся при малых скоростях.

Разрушение струи происходит под влиянием действующих на нее сил тяжести, сопротивления воздуха и внутренних сил, вызываемых турбулентностью потока и колебательно-волновым характером движения жидкости в струе.

### **2.3. Физические показатели, влияющие на характеристики струй**

В монографии С. С. Шавловского [18] приводятся экспериментальные зависимости для расчетного определения характеристик применительно ко всем указанным выше видам струй, таких как длина начального участка, осевое динамическое давление, среднее и суммарное по сечению динамическое давление, средняя плотность жидкой струи и сила действия струи на плоскую преграду. Следует отметить, что экспериментальные зависимости для определения характеристик свободной незатопленной струи существенным образом связаны с методикой измерений отдельных показателей, таких как динамическое давление и средняя плотность раздробленной струи. Это определяется тем, что раздробленная жидкая струя вовлекает в свое движение окружающие ее массы воздуха. Фактически имеет место движение двухкомпонентного потока, поэтому необходимо, чтобы конструкция измерительных устройств адекватно учитывала это обстоятельство.

На интенсивность турбулентного распада струи влияют форма и размеры насадка, а также участка движения потока перед насадком. Для уменьшения турбулизации потока перед насадком в гидромониторах обычно устанавливают успокоители различной конструкции. Это делается с целью уменьшения интенсивности расширения струи и соответствующего падения ее динамического давления. К. Янайдом [18] установлено, что диаметр раздробленной свободной водяной струи пропорционален квадратному корню из расстояния от насадка.

## ГЛАВА 3. Сплошные и распыленные водяные струи



Рис. 3.10. Траектории сплошной и распыленной струй из распылителя НР-20(10, 15) при расходе 20 л/с, давлении 5 атм, угле распыления 45°, обзоре по горизонтали 54 м

Водяные струи подразделяются на *сплошные и распыленные* (рис. 3.10). Хотя, как отмечалось выше, сплошная струя в действительности получается при напоре не более 2–3 м. При больших значениях напора, применяемых для пожаротушения, сплошная струя переходит в распыленную уже в ее начале. Поэтому в дальнейшем струи сплошные и распыленные прямые (*straight stream* по Каталогу фирмы *Elkhart*, США) будут рассматриваться как один вид струй, так как они имеют

сходные баллистические параметры, но различаются по конструктивному коэффициенту насадка  $K$ .

### 3.1. Баллистические характеристики сплошных и прямых распыленных струй

Обычно для характеристики качества струи применяют определение *компактной части струи*, впервые сформулированное Фриманом (1888 г.). Он предложил, в частности, за длину компактной части водяной струи принимать ту часть, которая несет 90 % воды в круге диаметром 38 см при расходе 20 л/с. Понятие компактной струи является относительным, поскольку резкой грани между нею и раздробленной частью струи не существует. Практически в струе можно выделить компактную и раздробленную части на основании визуального наблюдения за ней: в своей компактной части она сохраняет кучность, не превращаясь в «дождь» капель, и не разрушается при слабом ветре. Понятие компактной части струи позволяет оценить качество водяных стволов, так как большая длина компактной части струи и, следовательно, большая длина всей струи достигаются при применении наиболее совершенных с гидравлической точки зрения стволов и насадков. Длина компактной части струи оценивается по радиусу действия компактной части струи  $R_k$ , представляющему собой расстояние от насадка до конца компактной части струи (рис. 3.11).

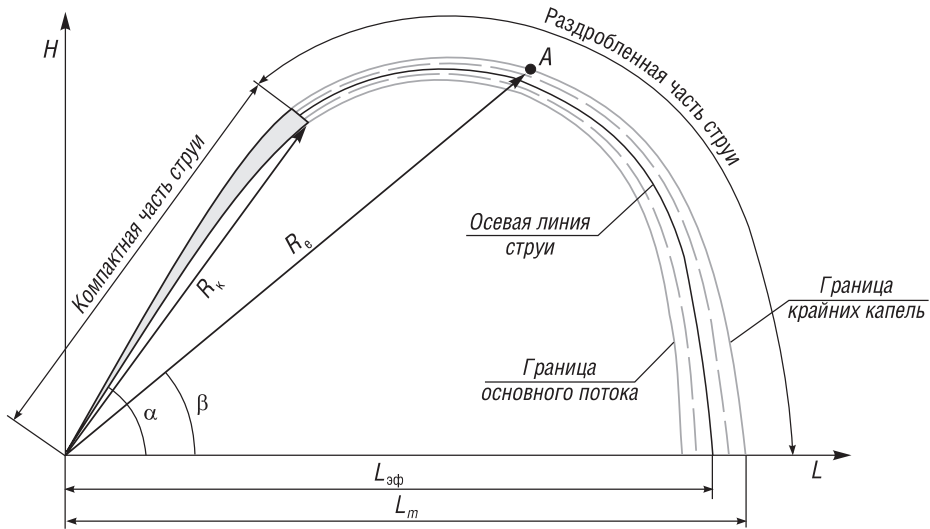


Рис. 3.11. Траектория осесимметричной струи с выделенной верхней и нижней границами

Для характеристики свободной струи в воздушном пространстве, по аналогии с движением потока жидкости в ограниченном пространстве, используем понятие *живое сечение*  $\omega$ , представляющее собой в данном случае сечение струи, перпендикулярное траектории полета, через которое проходит основной поток воды (90 % и более). Струя имеет переменное живое сечение, возрастающее по мере удаления от насадка. При этом в компактной части изменение сечения незначительно. В раздробленной части струи, куда отнесем и распыленную часть, как отмечалось выше, диаметр струи пропорционален квадратному корню из расстояния до насадка. На рис. 3.11 показана траектория осесимметричной струи, на которой выделены верхняя граница струи — *граница крайних капель* и нижняя — *граница основного потока* воды огнетушащего вещества (ОТВ) для данного угла. Расстояние от насадка до границы крайних капель назовем *радиусом действия струи*  $R_e$ . По верхней и нижней границам струи можно определить диаметр живого сечения струи на любой части траектории ее полета. При начальном угле струи  $30^\circ$  пересечение траектории струи с линией горизонта дает *дальность по крайним каплям*  $L_m$  и *эффективную дальность*  $L_{эф}$  (*effective rich* по Каталогу фирмы *Elkhart*, США), т. е. значение дальности, при котором выпадает максимальное количество ОТВ (см. рис. 3.11). Это важные понятия: параметр  $L_m$  позволяет дать оценку качества струи по дальности полета наиболее доступным линейным измерением, а  $L_{эф}$  — реальную оценку эффективной подачи ОТВ. Поэтому последний показатель используется при составлении карт орошения по площади защищаемого объекта. По данным фирмы

«г. Pons» (Франция) эффективная дальность струи составляет 90 % от максимальной дальности\*. Результаты работ ВНИИПО МЧС РФ по эффективности лафетных стволов (ЛС) 2007 г. подтвердили, что дальность струй до крайних капель на 10–15 % больше эффективной дальности, указанной в технических описаниях и каталогах этих фирм.

### 3.2. Влияние напора и расхода на дальность струй

При одном и том же напоре дальность струй с увеличением расхода насадка увеличивается. Это можно наглядно видеть на дальности струй, получаемых из ручных и лафетных стволов. При одном и том же напоре дальность струй от ручных стволов значительно меньше, чем от лафетных стволов, имеющих больший расход. У ручных стволов расход составляет обычно от 2 до 16 л/с, у лафетных стволов — от 20 до 500 л/с. С повышением напора дальность струй также увеличивается, но только до определенного предела, после которого компактность струй ухудшается, а у самого выхода из насадка от струй начинает отделяться водяная пыль.

По данным канд. техн. наук С. П. Казакова, при напоре  $H = 14\sqrt{d}$  (где  $H$  — напор, м;  $d$  — диаметр насадка, мм) струи достигают максимальной дальности полета или высоты, и при дальнейшем увеличении напора существенного прироста дальности уже не наблюдается. Из этой зависимости видно, что  $H/\sqrt{d} = \text{const} = 14$ . Установлено, что это соответствует частоте колебаний в струе 380 Гц независимо от диаметра насадка.

### 3.3. Влияние угла наклона на высоту и дальность струй

На высоту и дальность водяных струй влияет также угол наклона ствола. Наибольшая высота струй достигается при вертикальном или близком к нему положении ствола. Наибольшая дальность струи, как это установлено опытным путем, получается при угле наклона ствола примерно 30–32°. При большем или меньшем угле наклона дальность струй уменьшается (рис. 3.12).

### 3.4. Расчет зоны эффективной подачи струи

Для облегчения расчета наклонных струй их приводят обычно к вертикальным струям. Если бы водяная струя не встречала при выходе из насадка

\* Оаоіе-анеіа ііеніаеа 1 006-2003 «Њаіеу ііæадіуа ёаоаоіуа дèііа: GP 3000, GP 5000, GP 7000», Оаоіе-анеіа ііеніаеа 1 022-2006 «Њаіе ііæадіуе ёаоаоіуе іадаіініе КОМПАКТОР» (òèðìà «г. Pons», Òаііөө).

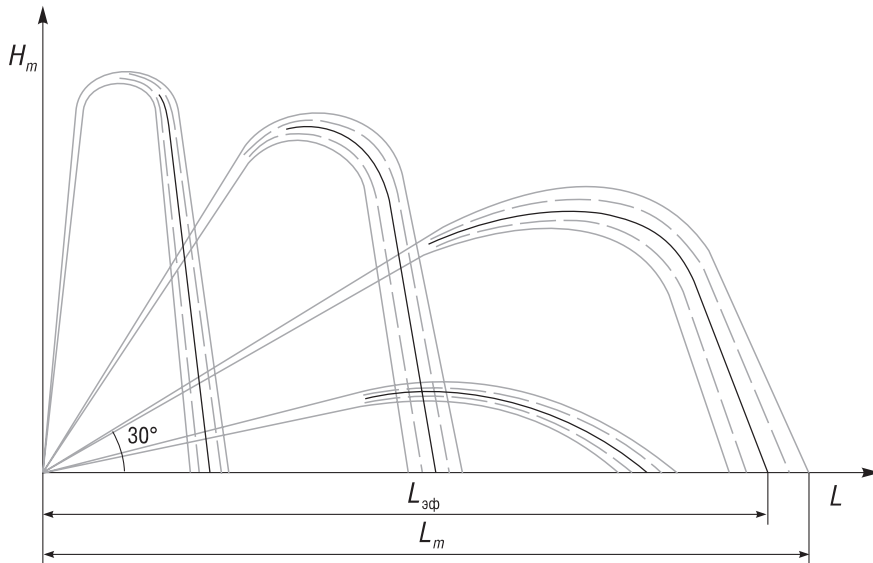


Рис. 3.12. Дальность струй при различных углах наклона

сопротивления воздуха, то вертикальная струя подавалась бы на высоту  $H_m$  (рис. 3.13):

$$H_m = \frac{v^2}{2g},$$

где  $v$  — скорость движения воды при выходе из насадка.

Однако вследствие наличия сопротивлений струя поднимется на несколько меньшую высоту —  $H_B$ . Для определения высоты вертикальных струй можно воспользоваться формулой Фримана, имеющей вид для конических насадков:

$$H_B = H(1 - 0,000113H/d), \quad (3.8)$$

где  $H_B$  — высота сплошной вертикальной струи, м;

$H$  — напор у насадка, м;

$d$  — диаметр насадка, м.

Однако в практических условиях пожаротушения применяются не вертикальные струи, а струи с различным углом наклона. Если при одном и том же напоре менять угол наклона ствола, то получим ряд траекторий струи, показанных на рис. 3.13. Соединив верхние точки траекторий струи, получим огибающую, т. е. кривую ее крайних капель при различных углах наклона ствола, или *верхнюю границу основного потока воды*. При угле наклона

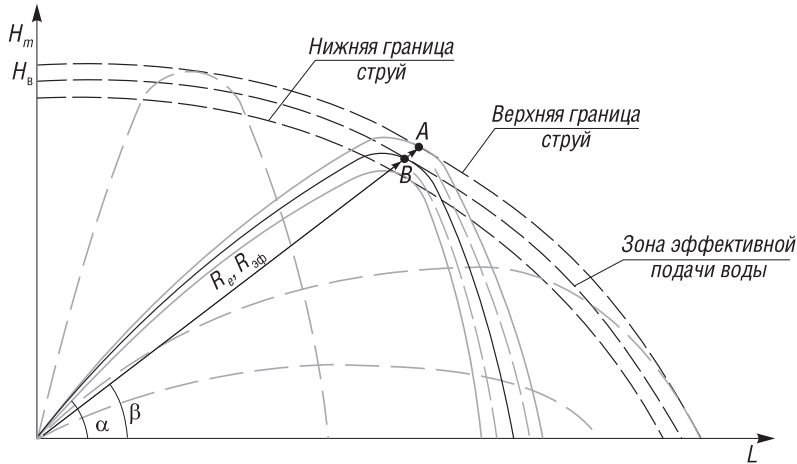


Рис. 3.13. Огибающая кривая крайних капель струй

ствола  $90^\circ$  получается высота вертикальной струи, которую можно определить по формуле (3.8). Соединив нижние точки траекторий струи, получим *нижнюю границу основного потока воды*. По осевой линии траектории струи, характеризующейся наиболее высокой плотностью, получим огибающую, или кривую *зоны эффективной подачи ОТВ* при различных углах наклона ствола.

Предположим, что требуется подать струю в точку  $A$ , расположенную на кривой крайних капель (см. рис. 3.13). Расстояние от насадка до этой точки, как отмечено выше, определяется радиусом действия струи  $R_e$ . Угол наклона  $\beta$  между горизонтальной плоскостью и радиусом действия струи будет меньше, чем угол наклона ствола  $\alpha$ .

В практических условиях задача расчета сводится к тому, чтобы определить напор и расход воды для создания водяной струи, достигающей заданной точки, например потолка (в данном случае такой точкой является точка  $A$ ). Поэтому основными исходными данными для таких расчетов являются радиус действия струи  $R_e$  и угол наклона  $\beta$ . Если перемещать точку  $A$  по огибающей кривой, то с уменьшением угла наклона  $\beta$  радиус  $R_e$  будет увеличиваться. Зависимость между высотой вертикальной струи  $H_v$  и радиусом действия струи  $R_e$  можно представить в виде формулы

$$R_e = fH_v,$$

где  $f$  — коэффициент, зависящий от угла  $\beta$  (табл. 3.2).

Заметим, что при угле  $\beta = 0^\circ$  угол наклона ствола  $\alpha = 32^\circ$ , так как в этом случае, как уже было показано выше, достигается максимальная дальность струи.

Таблица 3.2

**Зависимость коэффициента  $f$  для вертикальной струи с радиусом действия  $R_e$  от угла ее наклона**

$\alpha, \beta,$ $\text{град}$	90	75	60	45	30	15	0
$f$	1,00	1,03	1,07	1,12	1,20	1,30	1,40

Задача расчета струи сводится к отысканию по заданному радиусу действия  $R_e$  высоты вертикальной струи  $H_B$ . Затем по известному значению  $H_B$  по формуле Фримана (3.8) определяется потребный напор у ствола при заданном насадке. Или наоборот, по известному напору для данной сети определяется  $H_B$ , а затем  $R_e$  для данного угла, например при проверке достаточности напора для орошения заданной точки перекрытия.

В соответствии с ГОСТ Р 51115–97 [11] в технических характеристиках стволов указывается максимальная дальность по крайним каплям при номинальном давлении и угле наклона ствола  $\alpha = 30^\circ$ , что соответствует  $\beta = 0^\circ$  и  $f = 1,4$ . Это позволяет при помощи табл. 3.2 построить кривую крайних капель при различных углах наклона.

При пожаротушении применяют, как правило, эффективную часть струи с наибольшей интенсивностью. Для определения эффективного радиуса действия  $R_{эф}$  и зоны эффективной подачи можно воспользоваться закономерностью Янайда для определения диаметра раздробленной водяной струи в зависимости от расстояния до насадка:

$$D_c = k\sqrt{R_e},$$

где  $D_c$  — диаметр живого сечения струи в ее раздробленной части для заданного радиуса действия  $R_e$ ;

$k$  — коэффициент пропорциональности.

Поскольку зона эффективной подачи проходит по осевой линии траектории струи, то

$$R_{эф} = R_e - D_c/2.$$

По полученным данным строят кривую зоны эффективной подачи. Если данную кривую наложить на разрез защищаемого объекта в соответствующем масштабе, то получим карту орошения в вертикальной плоскости.

### 3.5. Компактная часть струи

При пожаротушении наружных объектов, учитывая наличие ветра, применяют компактную часть сплошной струи.



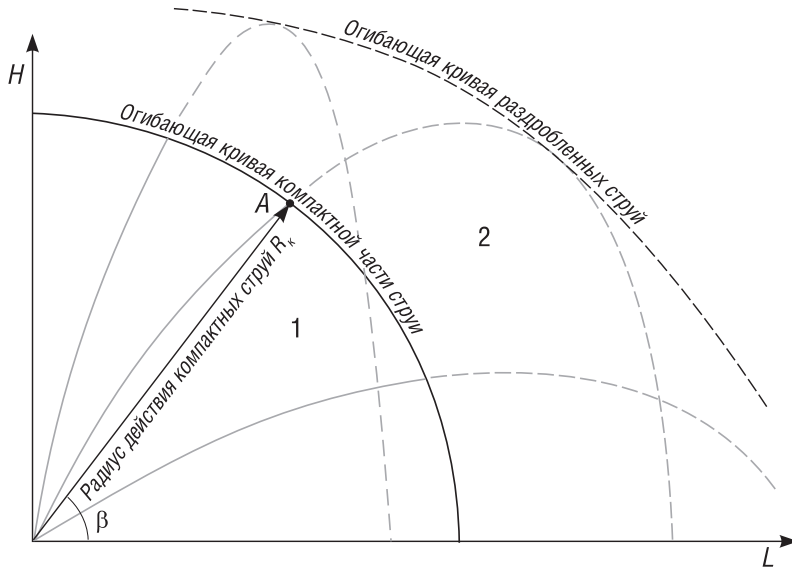


Рис. 3.14. Огибающая кривая компактной части струй

Будем изменять угол наклона ствола при постоянном напоре. Тогда крайняя точка компактной части струи будет описывать траекторию, которую назовем огибающей кривой компактной части струи (рис. 3.14). Линия, соединяющая насадок с точкой этой огибающей кривой (например, с точкой  $A$ ), может быть названа радиусом действия компактной части струи  $R_k$ , наклоненной под углом  $\beta$ .

Для стволов с расходами до 20 л/с можно полагать на основании опытных данных, что огибающая кривая компактной части струи идет по окружности, т. е. радиус действия компактной части струи не меняется при изменении угла наведения  $\alpha$ . В таком случае радиус действия компактной части струи зависит от напора и расхода ствола. Тогда, если высоту вертикальной компактной части струи обозначить через  $H_k$ , для расходов до 20 л/с  $R_k = H_k$ .

Для перехода от вертикальной раздробленной струи к вертикальной компактной части струи существует зависимость  $H_k = fH_B$ . Значения  $f$  и  $H_B$ , полученные на основании опытных данных, приводятся в табл. 3.3.

Для больших расходов (свыше 30 л/с) кривая компактной части струи определяется дугой эллипса.

Зависимость радиуса действия компактной части струи  $R_k$  от напора  $H$  и расхода  $Q$  для лафетных стволов с расходами от 20 до 60 л/с при угле наклона  $\beta = 30^\circ$  представлена в табл. 3.4.

Таблица 3.3

**Зависимость коэффициента  $f$  от высоты вертикальной раздробленной струи  $H_B$**

$H_B, \text{ м}$	7,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0
$f$	0,84	0,84	0,82	0,80	0,77	0,73	0,69	0,65	0,62

Таблица 3.4

**Зависимость радиуса действия компактной части струи  $R_K$  от напора  $H$  и расхода  $Q$  для лафетных стволов с расходами от 20 до 60 л/с при угле наклона  $\beta = 30^\circ$**

$\beta, \text{ град}$ $Q, \text{ л/с}$	$R_K, \text{ м}$ и $Q, \text{ л/с}$							
	20		30		40		60	
	$R_K, \text{ м}$	$Q, \text{ л/с}$	$R_K, \text{ м}$	$Q, \text{ л/с}$	$R_K, \text{ м}$	$Q, \text{ л/с}$	$R_K, \text{ м}$	$Q, \text{ л/с}$
20	20,0	12,2	20,0	15,9	20,5	22,4	21,0	38,9
25	23,0	13,6	23,5	17,8	24,0	25,1	25,0	43,5
30	26,0	14,9	26,5	19,4	27,0	27,4	29,0	47,5
35	28,0	16,2	28,5	21,0	29,5	29,7	31,0	51,5
40	30,0	17,2	30,5	22,5	32,0	31,7	33,0	55,0
45	31,5	18,3	32,5	23,8	34,0	33,6	35,5	58,3
50	33,0	19,3	34,0	25,1	35,5	35,4	37,5	61,4
55	34,5	20,2	36,0	26,0	37,0	37,2	39,0	64,4
60	35,5	21,1	37,0	27,6	38,0	38,2	40,5	67,3
65	36,5	22,0	37,5	28,6	39,0	40,4	41,5	70,0
70	37,0	22,8	37,5	29,7	39,5	41,9	42,5	72,6
75	–	–	–	–	40,0	43,4	43,5	75,3
80	–	–	–	–	40,5	44,8	44,5	77,8
85	–	–	–	–	–	–	45,5	80,1
90	–	–	–	–	–	–	46,0	82,5
95	–	–	–	–	–	–	46,5	84,8
100	–	–	–	–	–	–	47,0	87,0

Так как радиус действия компактной части лафетных струй изменяется в зависимости от угла наклона, в табл. 3.5 [19] приводятся поправочные коэффициенты для пересчета радиуса лафетных компактных струй на углы наклона, отличные от угла  $30^\circ$ . Пересчет ведется по формуле  $R_K = fR_{K30^\circ}$ .

**Значения поправочного коэффициента для пересчета радиуса компактных струй при углах, отличных от угла  $30^\circ$**

$R_c,$ ãðàä	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
$f$	1,18	1,10	1,05	1,0	0,95	0,92	0,90	0,88	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82

### 3.6. Распыляющие струи с изменяемым углом распыления

Угол распыления  $\varphi$  ручных и лафетных стволов можно регулировать от прямой (сплошной) струи до защитного экрана (угол  $120^\circ$ ), что позволяет эффективно использовать огнетушащее вещество на разных расстояниях, применяя струю в качестве защитного экрана. Распыленная струя с увеличением угла распыления теряет в дальности, но приобретает при этом бóльшую огнетушащую эффективность, что связано с увеличением площади тушения и количества мелких капель. Такой «мягко накрывающей» струей легче создать огнетушащий поверхностный слой. Сильное гидромеханическое воздействие компактной струи при тушении, например, нефтепродуктов приводит к перемешиванию горючего вещества и значительно снижает эффективность пожаротушения.

Для повышения огнетушащей эффективности в зоне действия струи рекомендуется увеличивать угол распыления при тушении распыленной частью струи. При углах распыления до  $15^\circ$  струя уже на небольшом расстоянии фокусируется и близка к прямой распыленной струе в ее раздробленной части. Поэтому в дальнейшем основные характеристики таких струй рассматриваются как для прямой распыленной струи. При углах распыления свыше  $15^\circ$  струя быстрее распадается, теряет скорость, и, соответственно, дальность ее полета сокращается.

На рис. 3.15 показана траектория струи при начальном угле наклона струи  $\alpha = 30^\circ$  с углом распыления  $\varphi = 30^\circ$ . Угол наклона такой струи определяется по биссектрисе угла распыления, совпадающей с углом наклона ствола. Струя имеет переменное живое сечение: в начале струи оно определяется конусным углом заданного угла распыления, затем конусный угол уменьшается и струя переходит в широкий поток, который опять расширяется на ниспадающем участке струи.

На траектории струи (см. рис. 3.15) сплошной линией выделены верхняя и нижняя границы струи, по которым можно определить диаметр живого сечения распыленной струи  $D_c$  на любой части ее траектории полета. Так как для распыленной струи с углом распыления  $30^\circ$  и выше основная масса воды сосредоточена по периметру окружности струи, то эффективная зона орошения определяется по верхней границе струи. При угле наведения

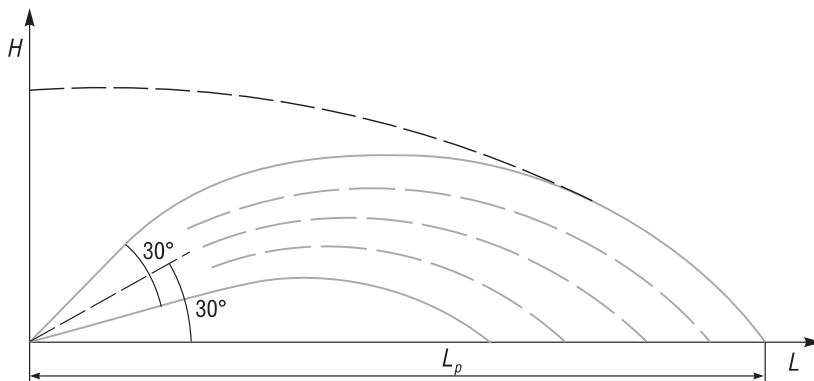


Рис. 3.15. Траектория распыленной струи

струи  $30^\circ$  пересечение верхней границы струи с линией горизонта дает величину, определяющую эффективную дальность  $L_{эф}$ , которая используется при составлении карт орошения по площади защищаемого объекта.

По аналогии с прямой струей, если при одном и том же напоре менять угол наклона ствола, то получим ряд траекторий струй, показанных на рис. 3.16 пунктирными линиями. Соединив верхние точки траекторий струи, получим огибающую, т. е. кривую крайних капель при различных углах наклона ствола, которая является *эффективной зоной подачи ОТВ для распыленных струй* с углами распыления  $30^\circ$  и выше. При угле наклона ствола  $90^\circ - \varphi/2$  достигается высота вертикальной распыленной струи. Расстояние от насадки до этой точки назовем радиусом действия струи  $R_e$ , а  $\beta$  — углом наклона радиуса  $R_e$  к горизонтальной плоскости.

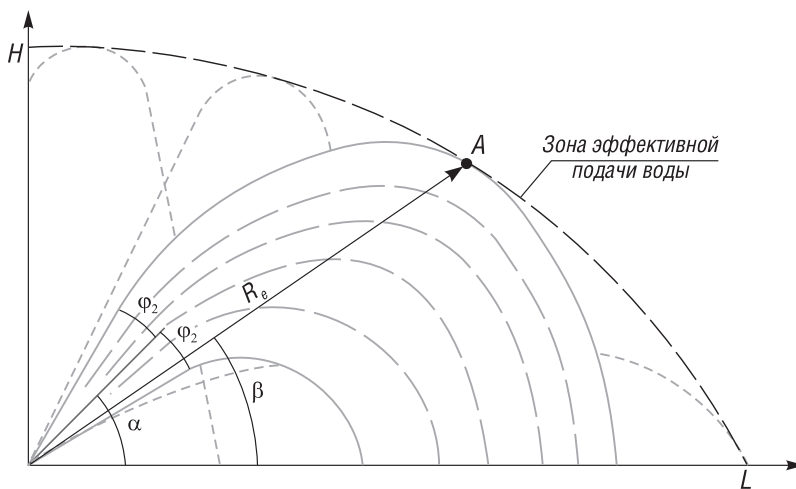


Рис. 3.16. Расчетная зона подачи огнетушащего вещества для распыленных струй

Для построения кривой крайних капель при различных углах наклона пользуются экспериментальными данными. Если данную кривую наложить на разрез защищаемого объекта в соответствующем масштабе, то получим карту орошения в вертикальной плоскости.

## ГЛАВА 4. Автоматическое наведение струи на очаг загорания

При защите объектов больших площадей, например высокопролетных или наружных объектов, где традиционные спринклерные и дренчерные системы малоэффективны или неприемлемы совсем, рекомендуется использовать пожарные роботы (далее — ПР) на базе лафетных стволов с дистанционным управлением (ЛСД) [20]. ПР позволяют защищать большие площади, направляя струю огнетушащего вещества по заданной программе непосредственно на очаг загорания, обнаруженный на ранней стадии развития пожара.

### 4.1. Постановка задачи для расчета угла наведения и траектории струи

Одной из основных задач ПР является наведение струи на очаг загорания по заданным координатам и тушение очага загорания по заданной площади с заданной интенсивностью орошения.

Устройства обнаружения загорания ПР определяют координаты загорания в трехмерной системе координат, площадь загорания, энергетический центр загорания. Оптическая ось устройства обнаружения загорания, как правило, для упрощения конструкции и расчетов совмещается с осью наведения ствола ПР. В этом случае устройства обнаружения загорания сразу дают в полярных координатах расстояние  $R_{\Pi}$  от насадка до центра очага загорания (точка  $A$ ) — полярный радиус и угловые координаты в вертикальной и горизонтальной плоскостях  $\beta$  и  $\gamma$  (рис. 3.17).

Угловые координаты радиуса  $R_{\Pi}$  в горизонтальной плоскости совпадают с угловыми координатами наведения ствола и обозначаются одинаково —  $\gamma$ . В вертикальной плоскости угол наклона ствола  $\alpha$  не совпадает с угловой координатой  $\beta$ . В начальной части траектории струи разница между углами  $\alpha$  и  $\beta$  небольшая, затем она постепенно увеличивается на восходящем участке траектории, а на нисходящем участке — значительно возрастает.

Значение угла  $\alpha$  зависит от многих факторов: радиуса  $R_{\Pi}$ , угла  $\beta$ , давления  $H$ , расхода  $Q$ , угла распыления  $\varphi$ , конструкции насадка.

Задача наведения струи на очаг загорания по заданным координатам сводится к определению угла наведения ствола  $\alpha$ , при котором траектория

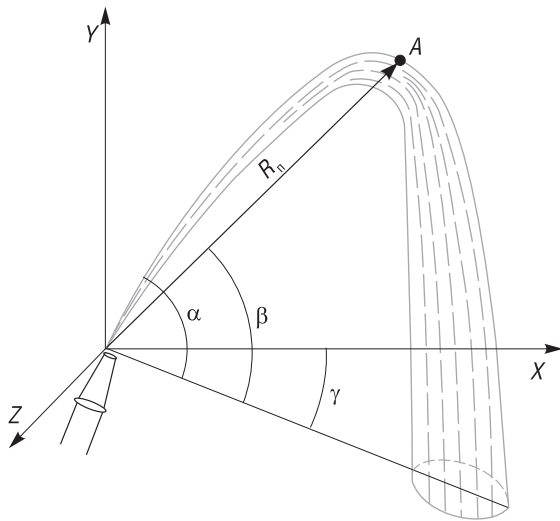


Рис. 3.18. Траектория струи в пространстве и ее параметры

струи должна пройти через точку встречи  $A$ . При этом надо знать параметры расчетной траектории, чтобы она с достаточной точностью совпадала с реальной траекторией струи.

Для решения практических задач, связанных с полетом тел, теории баллистики предложен ряд уравнений траектории полета тела в воздухе. Для полета струи эти уравнения могут приближенно использоваться только на начальной траектории полета с введением эмпирических коэффициентов. Это связано с необходимостью учета целого ряда параметров: изменения площади сечения струи; изменения формы и массы частиц воды, дробя-

щихся при полете; перехода от компактной струи к двухфазному турбулентному потоку жидкости и воздуха с изменяющейся плотностью массы. Существуют математические описания и ряд эмпирических выражений только для отдельных параметров струи.

Ввиду большого количества факторов, влияющих на траекторию струи, и отсутствие математического уравнения траектории струи, учитывающего все эти факторы, для определения угла наведения струи, проходящей через заданную точку, будем использовать экспериментальные данные траекторий с заданными параметрами из базы данных (семейства) траекторий, полученных опытным путем.

Исходя из практической целесообразности, введем некоторые ограничения по рассматриваемым параметрам струй, что позволит вывести из расчета большие диапазоны параметров, но оставить базовые, достаточные для проведения расчетов.

К базовым параметрам для определения угла наведения ствола  $\alpha$  на очаг загорания будут отнесены: радиус  $R_n$  и угол  $\beta$ , определяющие координаты очага загорания; давление  $H$  и расход  $Q$ , определяющие энергетические характеристики струи; угол распыления струи  $\varphi$ ; коэффициент  $K$ , учитывающий конструкцию насадка.

Расчеты будут производиться для лафетных стволов «ЭФЭР» с распыляющими насадками типа НР-20, НР4-0 и НР-60 с расходами соответственно 20, 40 и 60 л/с.

## 4.2. Наведение струи в ближней зоне

В ближней зоне на небольших расстояниях (до 16–20 м в зависимости от расхода) будем использовать распыленные струи под разными углами распыления  $\varphi$  и углами наведения  $\alpha$ . Это участок прямой осесимметричной струи, через который проходит до 90 % воды. Принимаем  $\alpha = \beta$ . В табл. 3.7 приведены рекомендуемые углы распыления  $\varphi$  в зависимости от размеров защищаемой зоны, определяемой радиусом  $R_{\Pi}$  или расстоянием до очага загорания.

Таблица 3.7

**Рекомендуемые углы распыления для стволов с насадками НР-20, НР-40 и НР-60 при  $H_{\Pi} = 0,6$  МПа**

Диаметр $R_{\Pi}$ , м	Угол распыления $\varphi$ , град, в зависимости от расстояния до очага загорания, м		
	20	40	60
6–8	90	–	–
8–10	75	90	–
10–12	60	75	90
12–14	45	60	75
14–16	30	45	60
16–18	20	30	45
18–20	–	20	30
20–22	–	–	20

## 4.3. Ограничительные параметры для струй в средней и дальней зонах

На участке баллистической траектории компактной струи с  $20 < R_{\Pi} < 35$  м будем использовать распыленные струи с фиксированным углом распыления  $\varphi = 15^\circ$ , а на участке с  $R_{\Pi} > 35$  м — прямые распыленные струи. На этих участках диаметр живого сечения распыленной струи должен составлять не менее 1 м для обеспечения эффективного тушения при сохранении заданной дальности полета.

Область заданий по типу струй определяется следующими данными (рис. 3.18):

- при углах, определяющих координату загорания,  $\beta \leq 0^\circ$  применяются настильные струи, что соответствует углам наведения  $\alpha \leq 30^\circ$ ;
- при углах  $\beta > 0^\circ$  применяются навесные струи, что соответствует углам  $\alpha > 30^\circ$ .

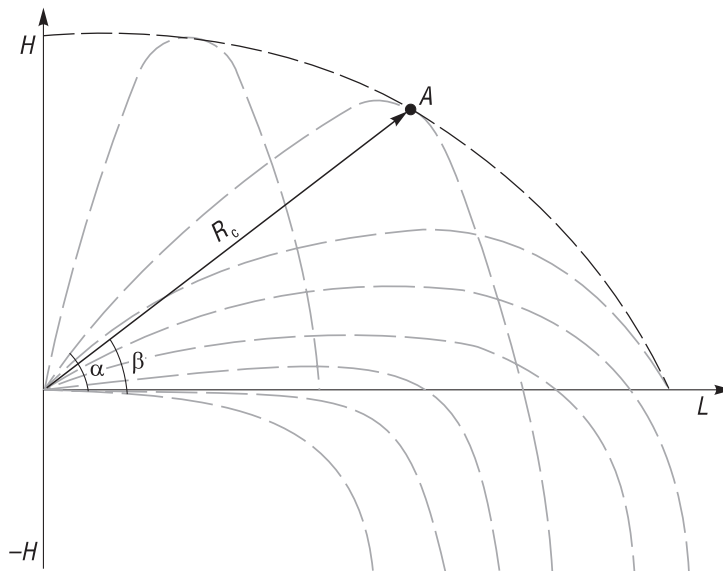


Рис. 3.18. Траектории струй при различных углах наведения  $\alpha$

При принятых ограничениях расчет угла наведения и траекторий струй в средней и дальней зонах будет производиться по эмпирическим данным.

## ГЛАВА 5. Расчет траекторий струй по эмпирическим данным

В данной главе описана методика расчета баллистических кривых траекторий струй из лафетных стволов, а также метод определения параметров, необходимых для расчета, по эмпирическим данным.

Траектория полета капель струи из ЛС, как уже отмечалось в гл. 1 настоящей части, определяется скоростью вылета капель из ЛС и углом наклона оси выходного патрубка ЛС в вертикальной плоскости относительно плоскости горизонта. При полете на капли оказывает воздействие земное тяготение и сопротивление воздуха. При этом изменяются вертикальная и горизонтальная составляющие скорости капель струи, в результате чего и получается траектория определенного вида. В данной главе не рассматривается влияние ветра на траекторию струи. Все остальные неучтенные воздействия входят в корректирующие поправки.

Естественно, существует определенное распределение скоростей у капель струи ЛС. Это приводит к тому, что место падения капель струи занимает существенную по длине зону.



Гравитация влияет лишь на вертикальную составляющую скорости, изменение которой определяется только временем полета и константой ускорения свободного падения. Сила сопротивления воздуха пропорциональна модулю скорости капли и направлена навстречу направлению полета.

Для расчета траектории струи из ЛС требуется знать угол в вертикальной плоскости оси выходного патрубка ЛС относительно горизонта, скорость вылета капель и коэффициент торможения их воздушной средой. Траектория струи представляет собой несимметричную кривую двоякой кривизны. Восходящая ветвь траектории более длинная и пологая, чем нисходящая, и близка к параболической траектории, описываемой уравнением (3.2).

Скорость вылета струи воды из ЛС может быть определена исходя из известных значений расхода воды и площади сечения выхода. Однако в данном случае мы получили бы некую среднюю величину. Вместе с тем рассматриваемая осесимметричная струя представляет собой поток с расширяющимся сечением, имеющий верхнюю и нижнюю границы капель. По осевой линии струи проходит наиболее интенсивная часть потока, от которого отрываются капли, образующие верхнюю и нижнюю траектории струи. Для расчетов удобно использовать максимальное значение скорости  $V_{\max}$  для верхней траектории струи и минимальное  $V_{\min}$  — для нижней траектории.

В общем виде методика определения параметров для расчета траекторий из эмпирических данных сводится к следующему:

- получение серии изображений траектории струй ЛС в известном масштабе при различных значениях давления на входе ЛС и различных углах в вертикальной плоскости;
- подбор значений параметров для расчета ( $V_{\max}$ ,  $V_{\min}$ , коэффициента трения) таким образом, чтобы расчетная траектория достаточно точно накладывалась на изображение траектории.

### 5.1. Получение серии изображений траекторий струй

Для получения изображений траекторий струй использовали фотосъемку. Перед началом фотосъемки были проведены работы по выявлению линейных искажений применяемой оптики. Было установлено, что линейные искажения невелики: нелинейность не превышает 4 %. В процессе работ были вычислены поправочные коэффициенты, которые использовались для учета нелинейных искажений оптики.

Для определения реальных координат траектории струй по фотоснимку необходимо знать установленное фокусное расстояние объектива фотоаппарата и расстояние от точки фотосъемки до плоскости траектории струи. Поскольку траектория струи большей частью пролегла над поверхностью озера, с этой целью было разработано программное обеспечение для планирования эксперимента. В базу данных приложения были записаны коорди-

наты очертания берега и координаты положения фланцев для подсоединения ЛС, установленных на трубопроводе водоснабжения.

Приложение позволяет планировать положение лафетного ствола (точка  $A$ ) и точки фотосъемки ( $D$ ). При этом с помощью приложения определяются угловые координаты оси фотоаппарата при съемке, угловые координаты положения ЛС относительно выбранной реперной точки  $E$  и расстояние  $CD$  от точки фотосъемки до проекции струи, находящейся в зоне обзора фотоаппарата по горизонтали  $AB$ .

Перед проведением фотосъемки, исходя из полученной ранее информации о дальности струи, с помощью указанного приложения выбирается:

- фокусное расстояние объектива;
- ориентация оптической оси фотоаппарата в горизонтальной плоскости;
- поворот фотоаппарата в плоскости съемки (горизонтальный кадр/вертикальный кадр);
- ориентация оси выходного патрубка в горизонтальной плоскости.

При этом стремятся обеспечить максимальное использование кадра для каждого значения рабочего давления воды и угла наклона к горизонту с учетом того, чтобы траектория струи попадала в кадр целиком. На рис. 3.19 показано изменение ориентации оптической оси фотоаппарата в горизонтальной плоскости для настильных и навесных струй.

*Пояснения к рис. 3.19:* движок «Масштаб» — для изменения масштаба плана; «Расстояние до позиции ЛС» — расстояние в метрах от позиции ЛС до курсора (не показан); «Угол отсчета от реперной точки ( $E$ )» — угол для наведения ЛС в горизонтальной плоскости (между проекцией траектории струи  $AB$  и отрезком  $AE$ ); «Выбор позиции» — выбор фиксированной точки съемки; переключатель «Горизонтальное /Вертикальное положение» — позиция фотоаппарата; «Фокусное расстояние» — фокусное расстояние объектива фотоаппарата; «Расстояние до плоскости струи  $CD$ » — расстояние от фотоаппарата до плоскости струи при заданном угловом положении лафетного ствола; «Зона обзора по горизонтали  $AB$ » — горизонтальный отрезок, помещающийся в кадр при заданном фокусном расстоянии объектива и расстоянии до плоскости струи; «Зона обзора по вертикали (полукадр)» — высота отрезка, который может уместиться в кадре (от центра кадра до верхнего края) при заданном фокусном расстоянии объектива и расстоянии до плоскости струи; «Расстояние до фотокамеры» — расстояние от фотокамеры до курсора (не показано).

На рис. 3.20–3.22 представлены фотоснимки струй при давлении соответственно 0,4; 0,6 и 0,8 МПа для настильных и навесных траекторий. На них изображены расчетные траектории с использованием подобранных параметров.

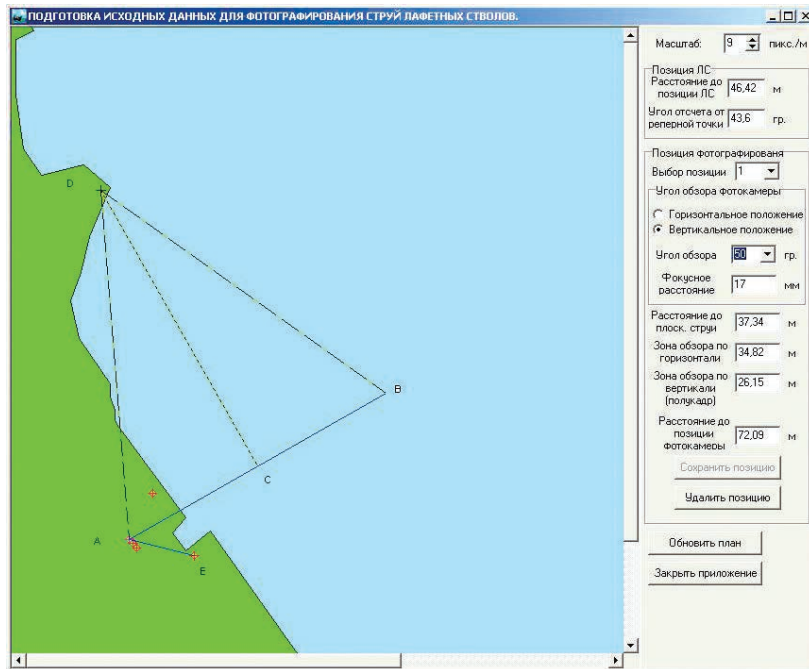
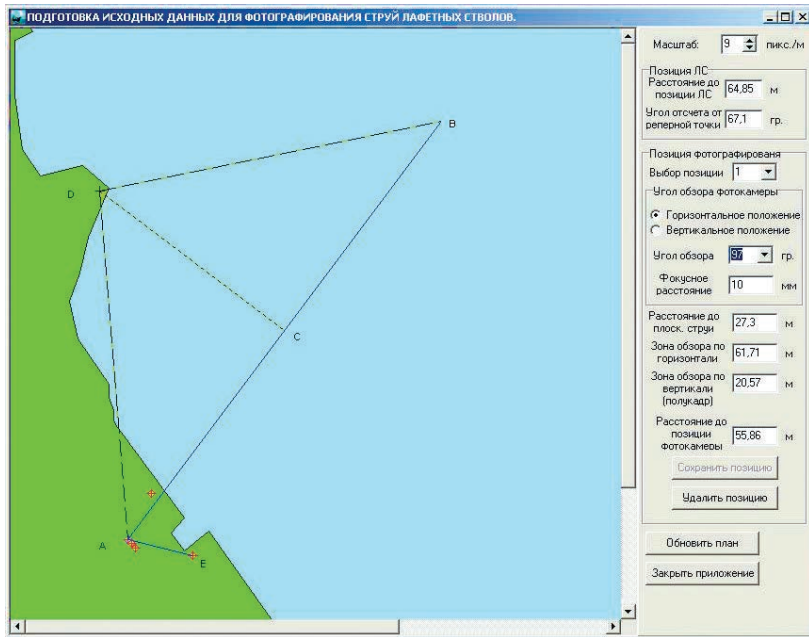


Рис. 3.19. Изменение ориентации оптической оси фотоаппарата в горизонтальной плоскости для настольных (а) и навесных (б) струй



Рис. 3.20. Расчетные траектории струй для НР-20(10,15) при давлении 0,4 МПа, расходе 20 л/с, при разных углах наклона струи: а — 15°; б — 30°; в — 45°; г — 60°; д — 85°

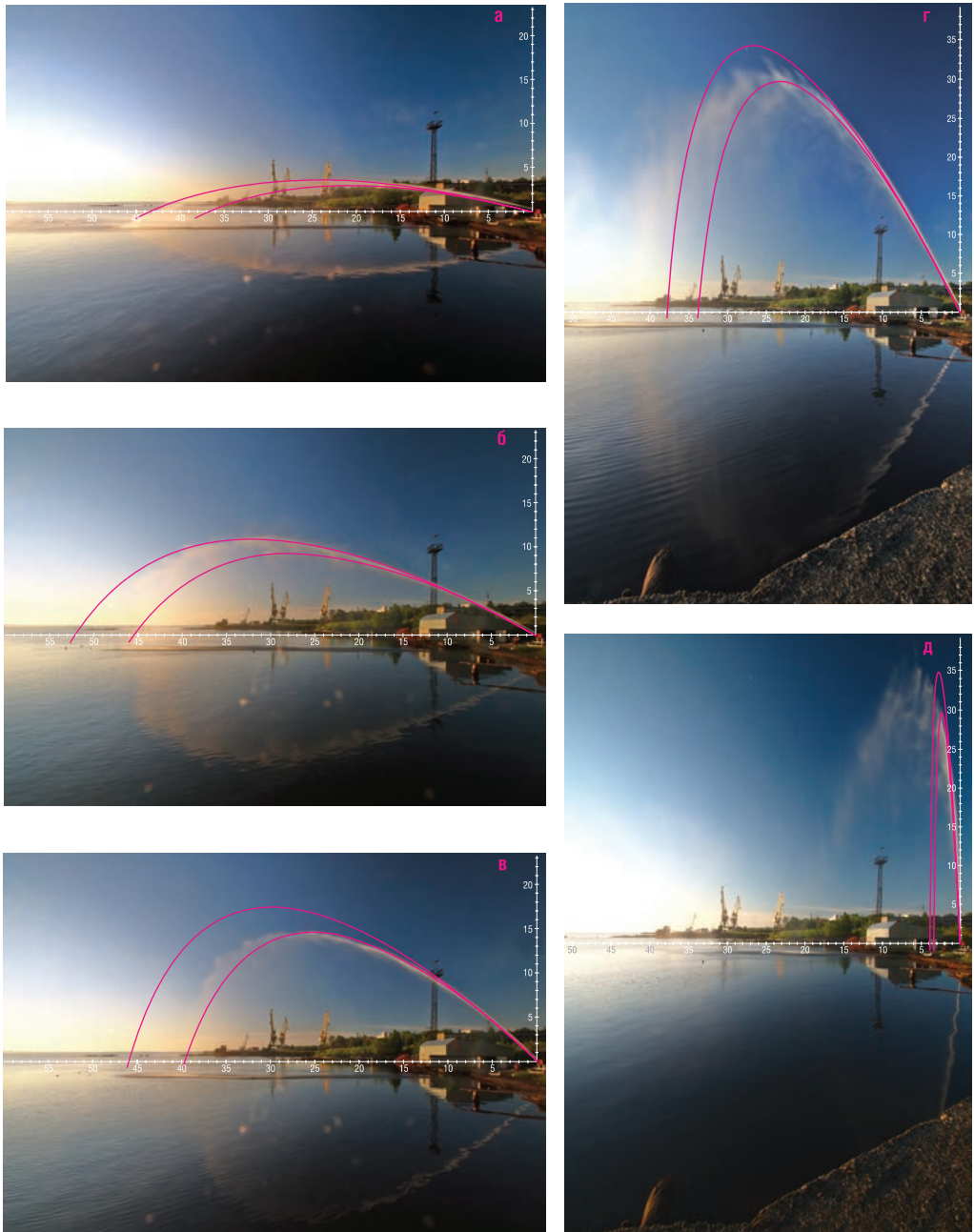


Рис. 3.21. Расчетные траектории струй для НР-20(10,15) при давлении 0,6 МПа, расходе 20 л/с, при разных углах наклона струи: а — 15°; б — 30°; в — 45°; г — 60°; д — 85°



Рис. 3.22. Расчетные траектории струй для НР-20(10,15) при давлении 0,8 МПа, расходе 20 л/с, при разных углах наклона струи: а — 15°; б — 30°; в — 45°; г — 60°; д — 85°

## 5.2. Определение значений параметров для расчета траекторий струй ЛС

Для определения значений параметров расчета было разработано специальное приложение, с помощью которого можно выполнить следующие действия:

- загрузить фотоснимки траекторий;
- построить на изображении фотоснимка кривые в соответствии с расчетом по установленным параметрам и проверить совпадение кривой с изображением на фотоснимке. При отображении расчетной траектории учитывается нелинейность оптики объектива фотоаппарата и установленное фокусное расстояние объектива.

На рис. 3.23 показано окно (интерфейс) приложения для определения параметров траектории струи.

*Пояснения к рис. 3.23:* «Размеры кадра» — реальные размеры представленного кадра в метрах; «Положение курсора» — координаты положения курсора (на рисунке не изображено) относительно начала координат (начала струи); «Шаг по горизонтали», «Линия траектории» — для оцифровки координат, задаваемых курсором; флаг «Подбор параметров траектории» —

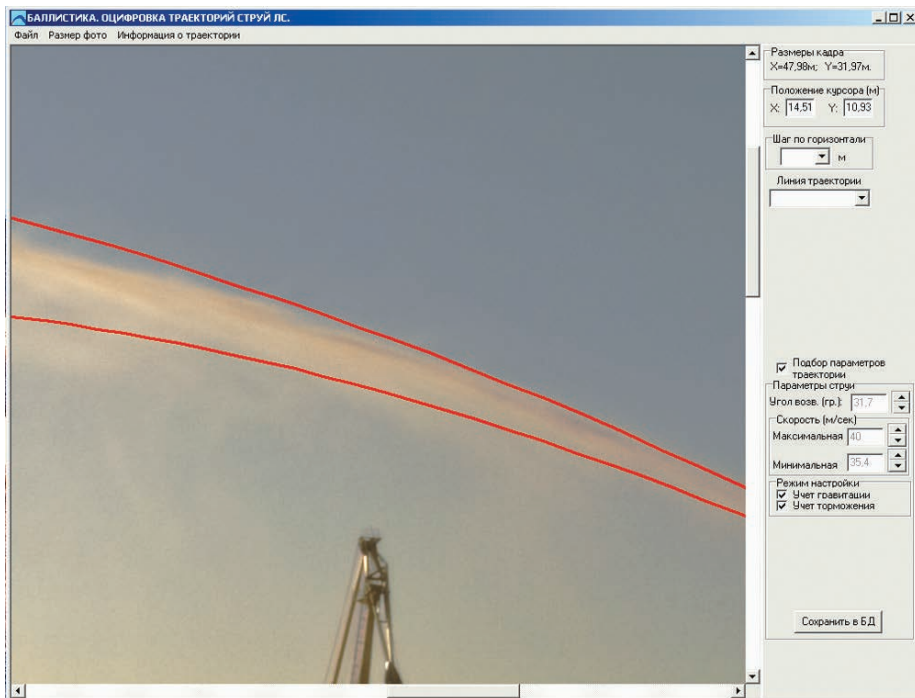


Рис. 3.23. Окно приложения для определения параметров траектории струи

для задания режима подбора параметров; «Угол возвышения» — для задания угла расчетной траектории по отношению к горизонтали в начале координат (используется при расчете траектории); «Максимальная скорость» — скорость для расчета верхней траектории струи; «Минимальная скорость» — скорость для расчета нижней траектории струи; флажок «Учет гравитации» — для включения/выключения при расчете учета влияния гравитации; флажок «Учет торможения» — для включения/выключения при расчете учета торможения струи воздушной средой

Коэффициент торможения вошел в расчетные формулы приложения.

Значение скорости вылета воды для расчета получается методом интерполяции по известным значениям скорости для нескольких значений давления.

Для расчета применен тот же алгоритм, что и в приложении к программе для определения параметров. Суть алгоритма заключается в следующем.

Задается расчетный интервал времени. Для каждого значения времени через заданный интервал выполняется расчет координат нового положения и изменения скорости по отношению к предыдущим значениям координат и скорости. При определении скорости учитывается ускорение свободного падения и сила торможения воздушной средой, зависящая от скорости.

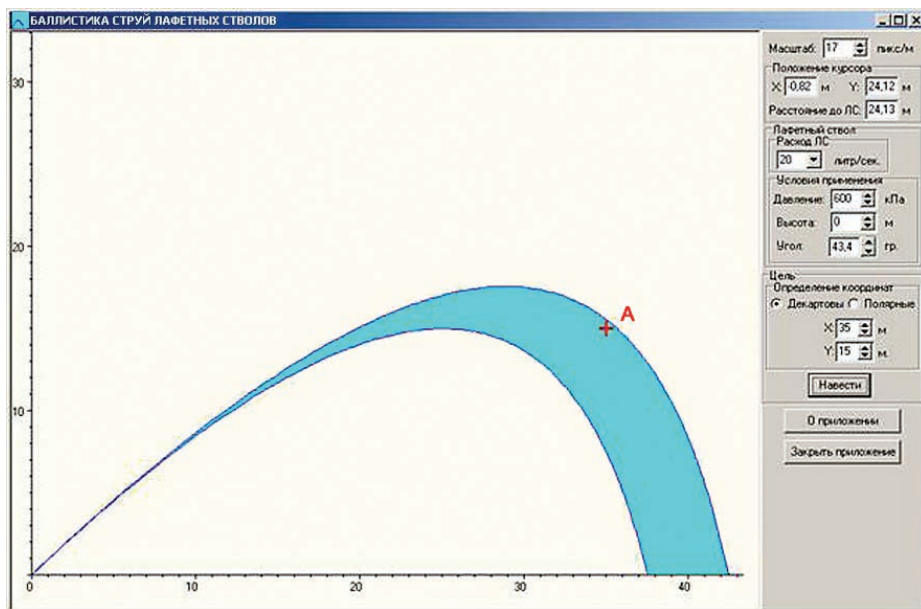


Рис. 3.24. Приложение для расчета траекторий струй ЛС и определения угла наведения струи к точке встречи А



Поскольку при расчетах используются два значения скорости ( $V_{\max}$  и  $V_{\min}$ ), получаются две кривые, соответствующие верхней и нижней частям струи.

Задавая угол наведения струи при требуемом давлении и расходе по данной методике и разработанной программе, получаем траекторию полета струи. Программой предусмотрено решение и другой задачи — определение необходимого угла наведения ствола по заданной точке встречи (координатам обнаруженного очага загорания) (рис. 3.24).

### 5.3. Расчетные траектории струй ЛС

С использованием данных, определенных эмпирическим путем, были получены программы для расчета траекторий струй при разных углах наведения и разных давлениях.

На рис. 3.25–3.27 представлены траектории прямых распыленных струй, полученные расчетным путем для лафетного ствола ЛС-С20У производства «ЭФЭР» при давлении соответственно 0,4; 0,6 и 0,8 МПа. Траектории струй даны по крайним верхним каплям при углах наведения с шагом  $3^\circ$ .

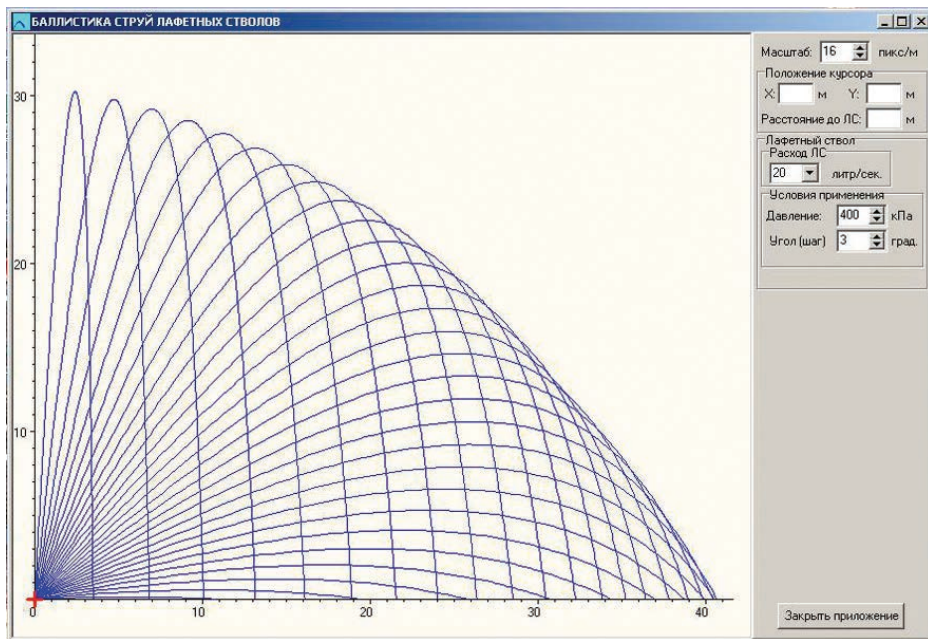


Рис. 3.26. Траектории прямых распыленных струй, получаемых из лафетного ствола «ЭФЭР» при давлении 0,4 МПа

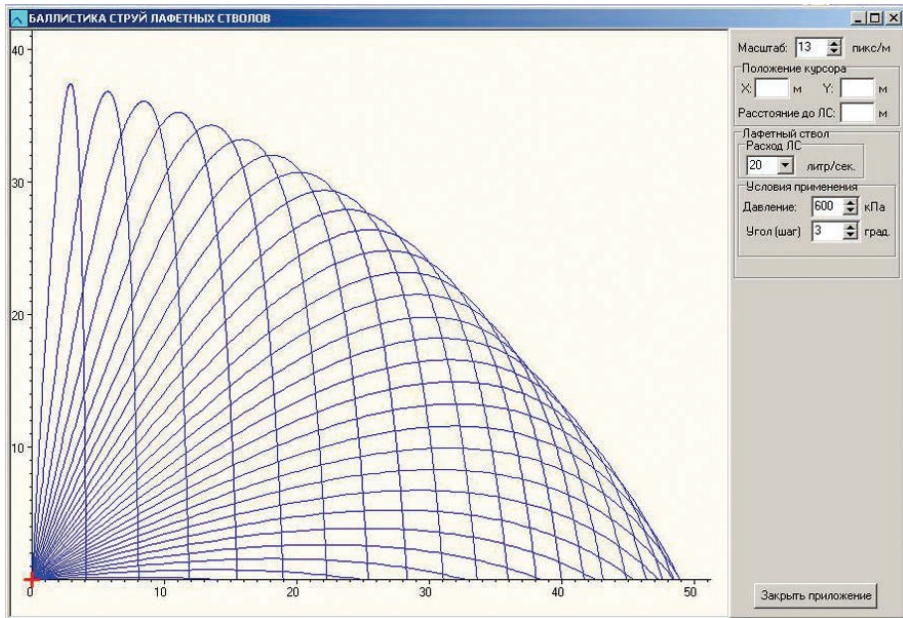


Рис. 3.27. Траектории прямых распыленных струй, получаемых из лафетного ствола «ЭФЭР» при давлении 0,6 МПа

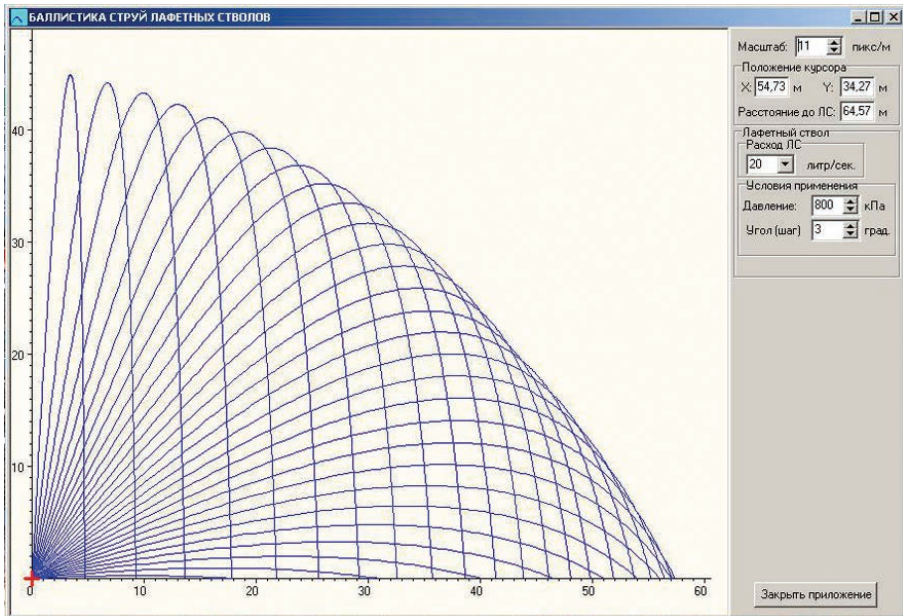


Рис. 3.28. Траектории прямых распыленных струй, получаемых из лафетного ствола «ЭФЭР» при давлении 0,8 МПа

Для получения расчетных траекторий струй для разных типов стволов с другими расходами, а также при различных углах распыления можно использовать разработанную методику определения параметров траекторий на основе экспериментальных данных.

Расчетные траектории могут использоваться для определения как зон орошения, так и угла наведения по заданным координатам.

Установлено, что реальные траектории струй с высокой степенью точности совпадают с расчетными кривыми. Максимальные отклонения расчетных кривых от траекторий отмечаются для углов наклона более  $30^\circ$  на излете струи. Отчасти это может быть объяснено тем, что при больших углах наклона после достижения максимальной высоты капли струи практически теряют скорость. В силу того что капли струи очень мелкие, они легко сносятся потоками воздуха. Хотя фотосъемка струй проводилась в безветренную погоду, из-за разницы температур над сушей и водой всегда возникают потоки воздуха, которые изменяют скорость мелких капель. На некоторых снимках видно, что в конце струи капли сносятся по направлению к ЛС, что доказывает это предположение.

Следует отметить, что на практике расчет применяется для струй с углом до  $30^\circ$  при попадании в цель на горизонтальной плоскости. Большие углы используются для попадания в цель, расположенную выше ЛС. В этом случае требуется расчет струи от ее начала до точки с максимальной высотой. Таким образом, методика расчета вполне пригодна для практических целей.

#### 5.4. Определение угла наведения методом аппроксимации

Используя возможности современных ЭВМ, оперирующих большими базами данных с высоким быстродействием, задачу определения угла наведения на заданные координаты можно решать методом аппроксимации. Для этого в память ЭВМ закладываются координаты реальных траекторий, полученных опытным путем при базовых исходных данных: расходе, давлении, угле распыления. Для примера углы наведения примем с интервалом  $10^\circ$ .

Семейство траекторий, представленное в системе координат, показывает реальные положения струй и их параметры в зависимости от угла наведения  $\alpha$  и характеризует воздействие на полет струи гравитационно-воздушного поля.

По приведенной сетке траекторий с углами наведения  $\alpha$  через  $10^\circ$  все промежуточные траектории через  $d\alpha = 1^\circ$  могут быть определены с учетом взаимного расположения известных траекторий в рассматриваемой зоне, являющихся, по сути, кривыми линиями, характеризующими гравитацион-

но-воздушное поле, в котором проявляются силы гравитации и сопротивления воздуха с учетом изменяющихся параметров самой струи по всей траектории полета.

Рассмотрим применение метода аппроксимации для определения угла наведения прямой распыленной струи с номинальным давлением 0,6 МПа, с номинальными расходами 20 л/с, при углах наведения от 10 до 80° с интервалом 10°.

Семейство траекторий, представленных на рис. 3.28, показывает реальное положение струи при ее номинальных значениях в зависимости от угла наведения  $\alpha$  и характеризует воздействие гравитационно-воздушного поля на полет струи.

По приведенной сетке траекторий с углами наведения  $\alpha$  через 10° все промежуточные траектории с шагом  $d\alpha = 1^\circ$  на участке 10° могут быть определены с учетом взаимного расположения уже известных реальных траекторий в этой зоне.

Система координат  $X, Y$  рассматривается как плоскость наведения струи в гравитационно-воздушном поле, при этом по оси  $Y$  показывается высота, по оси  $X$  — дальность. Для каждой точки в этой системе программно опреде-

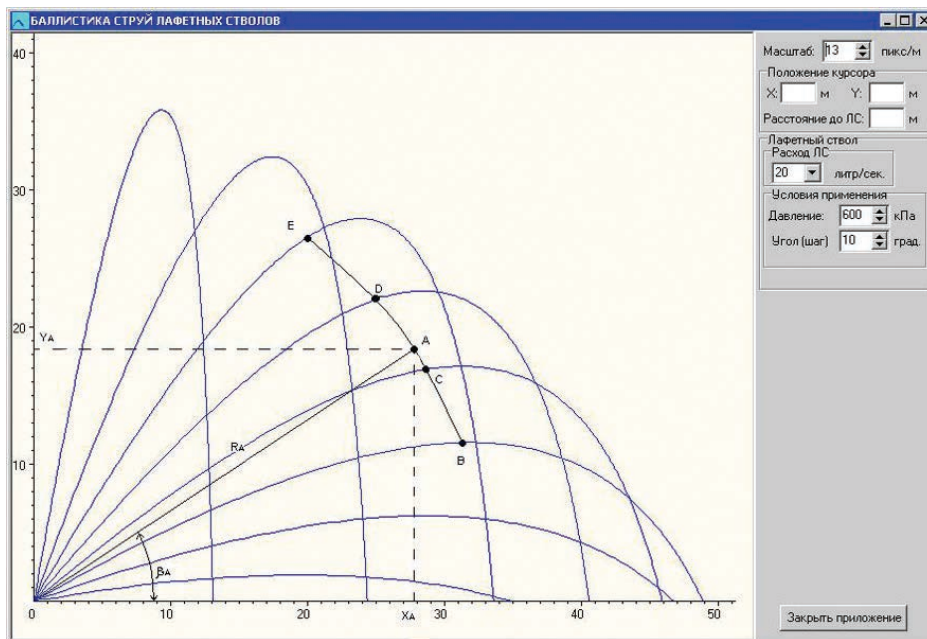


Рис. 3.28. Схема расчета угла наведения струи

лены координаты  $X_i, Y_i$ , полярный радиус  $R_i$  и полярный угол  $\beta_i$ . Например,  $\beta_i$  определяется по формуле

$$\beta_i = \operatorname{arctg} \frac{X_i}{Y_i}.$$

Возьмем произвольную точку  $A$  (см. рис. 3.28). Для попадания струей по баллистической траектории в точке  $A$  с координатами  $X_A, Y_A$  (точкой встречи) необходимо решить задачу нахождения угла наведения  $\alpha_A$ , при котором струя по баллистической траектории пройдет через точку  $A$ .

На ближайших нижних и верхних траекториях к точке  $A$  радиусом  $R_A$  отметим равноудаленные от начала струи точки  $B, C, D$  и  $E$ , которые образуют дуги:  $BC, CD, DE$  и дугу  $CA$  от точки  $A$  до ближайшей траектории.

По результатам вычислений расстояния между траекториями от точки  $B$  к точке  $E$  характеризуются постепенным увеличением на приращение:

$$DE > CD > BC; DE - CD = dDE; CD - BC = dCD,$$

при этом

$$dCD < dDE.$$

Приращение происходит постепенно с увеличением каждого интервала, как показано для интервалов дуг через  $d\alpha = 10^\circ$ . Внутри этих 10-градусных интервалов для более коротких интервалов при изменении угла наведения через  $d\alpha = 1^\circ$  приращения также будут происходить постепенно с увеличением каждого интервала на величину  $d$  по сравнению с предыдущим значением. Такая последовательность чисел относится к арифметической прогрессии:

$$a_1, a_1 + d, a_1 + 2d, \dots, a_1 + (n - 1)d, \dots$$

Сумма членов арифметической прогрессии определяется по формуле

$$S_n = \sum_{i=1}^n a_i = \frac{a_1 + a_n}{2} n = \frac{2a_1 + d(n - 1)}{2} n. \quad (3.9)$$

В нашем случае:

$S_n = CD$  — дуга, на которой находится точка  $A$ , град;

$n$  — количество интервалов, соответствующих изменению угла наведения через  $d\alpha = 1^\circ$ ,  $n = 10$ ;

$d$  — приращение через  $d\alpha = 1^\circ$ , град; определяется из известного приращения для  $d\alpha = 10^\circ$ :

$$dCD = d + 2d + 3d + 4d + 5d + 6d + 7d + 8d + 9d = 45d;$$

$a_1$  — величина первого интервала; определяется из формулы (3.9), в которую необходимо подставить определенные выше значения  $S_n$ ,  $n$ ,  $d$ ;  
 $n_A$  — количество полных интервалов на дуге  $CA$ ; определяется из формулы (3.9), в которую надо подставить  $n_A$  вместо  $n$ , значения  $S_n = CA$  и определенные выше  $a_1$  и  $d$ .

Так как  $(\alpha_C - \alpha_A)/n_A = d\alpha$ , то

$$\alpha_A = \alpha_C - n_A d\alpha,$$

где  $\alpha_C$  — известная величина на известной траектории;  $\alpha_A$  — искомая величина.

Расчет считается законченным, когда заданная точка  $A$  находится ближе к траектории с меньшей дугой, чем дуга, на которой она лежит. В этом случае шаг  $d > 0$ , и арифметическая прогрессия является возрастающей. Если же заданная точка  $A$  находится ближе к траектории с большей дугой и шаг  $d < 0$ , то арифметическая прогрессия является убывающей, и расчет ведется с учетом  $d < 0$ .

# JET FOG — ЛЕТАЮЩИЕ РАСПЫЛЕННЫЕ ОГNETУШАЩИЕ ВЕЩЕСТВА

**В** ствольной технике применяются огнетушащие вещества (ОТВ), которые могут транспортироваться по воздуху и имеют соответствующие баллистические характеристики. В процессе полета струя ОТВ распыляется под влиянием сопротивления воздуха, турбулентности и других процессов и формируется в распыленную массу, которую принято называть *Jet Fog* (или иначе — летящий туман). К «летающим» и распыленным ОТВ, подача которых осуществляется по воздуху с использованием пожарных стволов, относятся в первую очередь жидкости: вода, вода со смачивателем, вода с добавками, растворы пенообразователей для получения пены и сами пены.



Пожарными стволами осуществляется также подача порошковых и газожидкостных составов. Газожидкостные составы в основном двухкомпонентные. Газ в них составляет основную объемную часть. Примерами газожидкостных составов являются воздух и распыленная вода, огнетушащий газ и распыленная вода, воздух и пена.

## ГЛАВА 1. Вода

Водой тушится до 90 % всех пожаров. Это наиболее эффективное, экологически безопасное, общедоступное и дешевое средство пожаротушения. При этом широко используются пожарные стволы, являющиеся эффективным средством для подачи воды.

Широкое применение воды для пожаротушения объясняется высокими огнетушащими показателями, связанными с ее уникальными физико-химическими свойствами. Для воды, являющейся основой процессов жизнедеятельности, разработаны надежные средства разветвленных водопроводных

коммуникаций. Применение воды для пожаротушения не нарушает экологического равновесия в природе. Стоимость воды самая низкая из всех известных огнетушащих веществ, а ее запасы на Земле практически неисчерпаемы.

Ниже будут рассмотрены основные данные по воде, ее свойствам и огнетушащим характеристикам.

## 1.1. Физико-химические свойства воды

### Структура молекулы воды

Вода — оксид водорода  $H_2O$ . Это — простейшее, устойчивое в обычных условиях химическое соединение водорода с кислородом (11,19 % водорода и 88,81 % кислорода по массе). Основной структурной единицей воды является молекула  $H_2O$ , состоящая из двух атомов водорода и одного атома кислорода. Схема взаимного расположения атомов Н и О в молекуле воды приведена на рис. 4.1.

Изучение молекулы воды с помощью спектрографических исследований позволило установить, что она имеет структуру равнобедренного треугольника, в вершине которого находится атом кислорода, а в основании — два атома водорода. Угол при вершине составляет  $104^{\circ}27'$ , а длина стороны — 0,096 нм. Эти параметры относятся к гипотетическому равновесному состоянию молекулы без ее колебаний и вращений.

Относительная молекулярная масса воды зависит от относительной атомной массы ее составляющих и имеет различные значения, так как кислород и водород имеют изотопы: кислород — шесть:  $^{14}O$ ,  $^{15}O$ , ...,  $^{19}O$ , а водород — три:  $^1H$  (протий),  $^2H$  (дейтерий),  $^3H$  (тритий). Таким образом, из изотопов кислорода и водорода можно составить несколько видов молекулы воды с различными относительными молекулярными массами. Из них наиболее распространены молекулы  $^1H_2^{16}O$  с относительной молекулярной массой 18 (обычная вода) и молекулы  $^2H_2^{16}O$  с относительной молекулярной массой 20. Последние молекулы образуют так называемую тяжелую воду, которая по своим физическим свойствам значительно отличается от обыкновенной воды.

Молекулы воды обладают уникальным свойством объединяться в кластеры  $(H_2O)_X$ . Под кластером обычно понимают группу молекул, объединенных физическим взаимо-

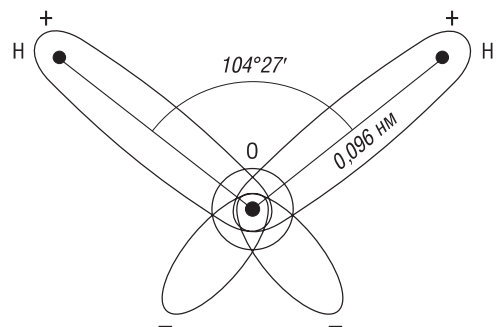


Рис. 4.1. Схема строения молекулы воды и ее электронные орбиты



действием в единый ансамбль, но сохраняющих внутри него индивидуальное поведение. При комнатной температуре степень ассоциации «X» для воды составляет по современным данным от 3 до 6. Если бы вода при испарении оставалась в кластерах, то водяной пар был бы намного тяжелее воздуха; но кластеры воды при испарении распадаются, и вода превращается практически в простой газ с химической формулой  $H_2O$ . Плотность газообразной воды меньше плотности воздуха, поэтому она способна насыщать своими молекулами земную атмосферу.

### Агрегатные состояния воды

В природных условиях вода встречается в трех состояниях: твердом (в виде льда и снега), жидком (в виде собственно воды), газообразном (в виде водяного пара). Эти состояния воды называют агрегатными состояниями, или же, соответственно, твердой, жидкой и парообразной фазами. Переход воды из одной фазы

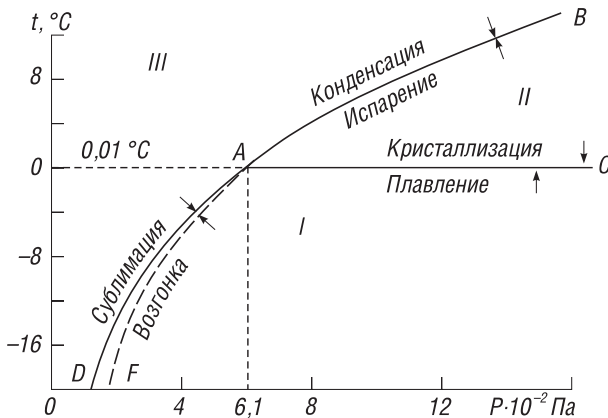


Рис. 4.2. Диаграмма агрегатных состояний воды в области тройной точки A: I — лед; II — вода; III — водяной пар

переход воды из одной фазы в другую обусловлен изменением ее температуры и давления. На рис. 4.2 приведена диаграмма агрегатных состояний воды [21] в зависимости от температуры  $t$  и давления  $P$ .

При температуре  $100$  °C и нормальном атмосферном давлении вода распадается на отдельные молекулы  $H_2O$ , скорость которых уже в состоянии преодолеть взаимное притяжение молекул, и вода превращается в пар.

### Термическая стойкость воды

Вода обладает высокой термической стойкостью. Ее пары только при температуре свыше  $1700$  °C могут разлагаться на кислород и водород, усложняя тем самым обстановку в зоне горения. Большинство же горючих материалов горит при температуре не выше  $1300$ – $1350$  °C, поэтому тушение их водой неопасно. Однако при горении металлов, таких как магний, цинк, алюминий, титан и его сплавы, в зоне горения создается температура, превышающая термическую стойкость воды. Тушение их водяными струями недопустимо.

### ***Теплопроводность воды***

Вода имеет низкую теплопроводность, что способствует созданию на поверхности горящего материала надежной тепловой изоляции. Это свойство позволяет использовать воду не только для тушения, но и для защиты материалов от воспламенения.

### ***Движение воды по трубопроводам***

Вязкость и несжимаемость — необходимые показатели, характеризующие эффективность движения жидкости в замкнутом пространстве по трубопроводам. Уникальные свойства воды — малая вязкость и несжимаемость — позволяют подавать большие объемы воды по рукавам и трубам на значительные расстояния и под большим давлением. Пожарные трубопроводы и гибкие рукавные линии являются составной частью противопожарной защиты объектов и тушения пожаров.

### ***Способность воды растворять другие вещества***

Вода способна растворять некоторые пары, газы и поглощать аэрозоли. Значит, водой можно осажать продукты горения на пожарах в зданиях. Для этих целей применяют распыленную и тонкораспыленную воду.

Некоторые горючие жидкости (жидкие спирты, альдегиды, органические кислоты и др.) растворимы в воде, поэтому при смешивании с водой они образуют негорючие или менее горючие растворы.

### ***Химическая нейтральность воды***

Вода с абсолютным большинством горючих веществ не вступает в химическую реакцию. Исключения составляют щелочные и щелочно-земельные металлы, при взаимодействии которых с водой выделяется водород, поэтому тушить их водой нельзя.

### ***Вода со смачивателями***

Вода из-за высокого поверхностного натяжения плохо смачивает твердые материалы, и особенно волокнистые вещества. Для улучшения смачиваемости к воде добавляют поверхностно-активные вещества (ПАВ), или (как их еще называют) смачиватели. На практике используют растворы ПАВ, поверхностное натяжение которых в 2 раза меньше, чем у воды. Применение растворов смачивателей позволяет уменьшить расход воды при тушении пожаров на 35–50 %, снизить время тушения на 20–30 %, что обеспечивает тушение тем же объемом огнетушащего вещества на большей площади.

### **Вода с добавками**

Выше отмечалось, что вода имеет малую вязкость. В силу этого значительная часть ее утекает с места пожара, не оказывая существенного влияния на процесс прекращения горения. Если увеличить вязкость воды, то значительно снизится время тушения, и коэффициент ее использования может повыситься в 1,8 раза и более. Для этих целей применяют добавки из органических соединений, например карбоксиметилцеллюлозы.

### **Учет плотности воды при тушении**

Вода имеет относительно большую плотность (при 4 °С — 1 г/см<sup>3</sup>, при 100 °С — 0,958 г/см<sup>3</sup>). Это ограничивает, а иногда и исключает ее применение для тушения нефтепродуктов, имеющих меньшую плотность и нерастворимых в воде. Вода хорошо тушит сероуглерод, имеющий по сравнению с ней более высокую плотность (1,264 г/см<sup>3</sup>).

### **Тушение водой древесины**

Огнетушащая эффективность воды зависит от способа подачи ее в очаг пожара (сплошной или распыленной струей). При горении древесины под воздействием тепла, выделяющегося в зоне реакции, на поверхности материала образуется слой угля, температура которого достигает 600–700 °С, что значительно превышает температуру начала пиролиза древесины, равную примерно 200 °С.

Поданная на его тушение вода:

- охлаждает верхний, наиболее нагретый слой угля и зону реакции, пролетая через нее;
- испаряясь, разбавляет и охлаждает газы и пары в зоне горения;
- растекаясь по поверхности угля, изолирует древесину от действия лучистого тепла и препятствует выходу паров и газов (продуктов разложения древесины) в зону горения.

Однако к прекращению горения приводит охлаждающее свойство воды как доминирующее. Изоляция и разбавление лишь способствуют прекращению горения. Поданная на тушение горячей древесины вода быстро снижает температуру в верхнем тонком слое угля, и горение на этом участке прекращается. Но при переносе струи воды в другое место верхний слой угля быстро высыхает, продолжается разложение древесины, и горение возникает вновь.

## **1.2. Тонкораспыленная вода**

В соответствии с НПБ 88–2001\* [22] тонкораспыленная вода (ТРВ) — это распыленная вода со средним диаметром капель не более 150 мкм, отличающаяся высокой эффективностью при малых общих расходах воды.

### **Основные механизмы процесса тушения ТРВ**

Рассмотрим процесс тушения ТРВ. Ввиду того что в случае горения и тушения как химические, так и физические процессы развиваются на границе раздела фаз, скорость этих процессов зависит не столько от массы подаваемых в зону реакции веществ, сколько от площади поверхности контакта. При этом удельная эффективность прямо пропорциональна удельной площади поверхности реагирующих веществ, которая, в свою очередь, зависит от степени дисперсности жидкого (или твердого) вещества.

Основное преимущество ТРВ с размером капель менее 150 мкм состоит в значительном увеличении удельной площади поверхности и, соответственно, скорости поглощения тепла из горючих газов и пламени. Суммарная площадь поверхности капельного объема, отнесенная к массе всех капель, увеличивается обратно пропорционально радиусу капель ( $1/R$ ), поэтому, кроме повышения скорости испарения, увеличивается суммарная площадь испарения мелких капель и общий уровень потерь тепла при пожаре.

Расчеты, основанные исключительно на тепловом балансе, не учитывают второго эффекта — оттеснения кислорода из зоны пламени. При быстром испарении водяной пар замещает воздух в зоне горения, что пропорционально уменьшает скорость горения материала и интенсивность тепловыделения.

Третьим механизмом подавления огня является затухание теплового излучения. Эксперименты показали, что интенсивность теплового потока в области длин волн 1–6 мкм от стандартных очагов возгорания снижается более чем в 4 раза на расстоянии от них 1,7 м при наличии в помещении водяного тумана.

Отличительной особенностью является то, что системы ТРВ создают водяной туман в объеме помещения, и их основная задача заключается в обеспечении его длительной стабильности. Для этого используются специальные поверхностно-активные добавки. Добавки не позволяют каплям агрегировать и обеспечивают стабильность газожидкостной смеси во всем объеме защищаемого помещения в течение 20–30 мин. При этом реализуется принципиально иной способ доставки ОТВ к участку возгорания. В любом помещении существуют газовые потоки. Их движущей силой могут быть как разность давлений  $\Delta P$  (тогда реализуются кинетические процессы), так и разность температур  $\Delta T$  (тогда протекают процессы конвекционные). Разность давлений обеспечивается только при непосредственном выходе ОТВ из насадка. Как только подача ОТВ прекращается, исчезает и разность давлений. Таким образом, время реализации кинетического процесса равно времени работы установки пожаротушения. Для установок ТРВ время работы составляет от 20 до 60 с, и, следовательно, кинетическая фаза процесса доставки на этом заканчивается. В то же время конвекционный механизм доставки

будет работать до тех пор и там, где существует разность температур, основным источником которой в помещении является процесс горения. Иными словами, движущая сила процесса доставки в этом случае привязана не к работе установки (что является внешним фактором по отношению к процессу горения), а собственно к процессу горения и будет действовать до тех пор, пока он есть.

### **Системы ТРВ**

К системам ТРВ относят целый ряд систем водяного пожаротушения. Прежде всего, они разделяются по способу диспергации (распыления) воды.

Первыми появились системы с механическим распылением. В таких системах дисперсность воды достигается путем механического соударения струй, выходящих под большим давлением (100–150 атм) через прецизионные насадки. К таким системам относятся системы типа High-Fog (Marioff, Финляндия), Aqua-Fog (LPG, Испания) и др. В качестве источника давления в них используются либо баллоны с газом высокого давления (азот, воздух), либо мощные компрессоры, развивающие за короткое время давление в сотни атмосфер, либо пиротехнические газообразователи. Средние размеры капель, получаемых таким способом, составляют около 100 мкм. В качестве дополнительного преимущества производители систем отмечают высокую скорость выходящей струи, что позволяет направленно доставлять к месту возгорания основную массу огнетушащего вещества. Эффективность пожаротушения здесь во столько раз выше, во сколько раз больше общая контактная площадь поверхности воды при таком размере капель.

Второй способ получения ТРВ — газожидкостный. В таких системах сначала происходит образование газожидкостной смеси (по принципу карбюратора), которая затем подается по трубопроводам к насадкам, существенно более простым и недорогим по сравнению с первым способом. Системы работают под давлением от 40 до 20 атм. Источником давления и газовой фазой в газожидкостной смеси служит либо азот, либо диоксид углерода, либо другие газы. При таком давлении кинетическая энергия частиц воды невелика, степень рассеивания водяного конуса в десятки раз больше, чем в предыдущем случае, поэтому такие системы относят к системам ненаправленного или малонаправленного действия.

Фирма «Marioff», наряду с механическими системами, использует ТРВ, получаемую при смешении воды с газом (воздухом) и выпускаемую через разгонные сопла. Двухфазные воздушно-водяные сопловые насадки используются в модульных и стационарных системах для противопожарной защиты турбинных установок и в машинных отделениях норвежских платформ шельфовой добычи нефти компаний «British Petroleum» (BP) и «Ginge Kerr» (Company of Denmark). Фирма «IFEX» (Германия) выпускает целый

ряд ранцевых и стационарных установок ТРВ с использованием сжатого воздуха.

В России Инженерным центром «Спецавтоматика» (г. Москва) разработана модульная установка автоматического пожаротушения МПВ-40. С помощью этой установки получают водяной туман в газожидкостном водо-азотном потоке. Установка выполнена в соответствии с техническими требованиями НПБ 80–99 [23] к модульным установкам пожаротушения ТРВ.

Научно-исследовательский институт низких температур (НИИ НТ) при МАИ на базе двухфазных потоков и на основе разработанной газодинамической технологии производит ряд перспективных средств пожаротушения серии «Игла», использующих сжатый воздух и воду, формирующих ТРВ с размером капель до 100 мкм.

ЗАО «УСПТК «Пожгидравлика» выпускаются высоконапорные насосы, создающие давление до 4 МПа, высоконапорные рукава с катушками и стволы ТРВ с расходом 2 л/с.

ЗАО «Инженерный центр пожарной робототехники «ЭФЭР» разработан ручной ствол комбинированный универсальный высокого давления РСКУ-25ВД для подачи ТРВ воды и пены, с регулируемым углом распыления и расходом. Ствол совместим с комплектом оборудования высокого давления, выпускаемым УСПТК «Пожгидравлика».

В НПО «Пuls» ведется разработка стволов ТРВ нормального давления с расходами 1 и 2,25 л/с, а также комбинированных стволов с компактной, распыленной и тонкораспыленной струей и регулируемым расходом [24].

### ***Ультразвуковая тонкораспыленная струя***

Обычное механическое распыление сообщает высокую начальную скорость каплям, что приводит к большому разбросу капель по размерам. Если струя создается при помощи ультразвуковой энергии, то можно получить более мелкие капли и их более равномерное распределение. На основе соотношения Райяна и Панди, в котором учитываются физико-химические свойства жидкости, а также ультразвуковые характеристики распылителя (амплитуда, частота, площадь вибрирующей поверхности), было проведено моделирование гидродинамики процесса распыления в прямоточной цилиндрической камере. Результаты сопоставлялись с обычным механическим распылением. Модельные прогнозы подтверждены сравнением с литературными данными по скоростным и температурным полям для цилиндрической камеры. Поскольку ультразвуковое сопло дает низкую начальную скорость и равномерное распыление капель, для моделирования распыления использовали различные скорости капель (0,014; 5,59 и 59,0 м/с) и их средние размеры (10,0; 30,0; 50,0; 70,0; 90,0; 110,0 мкм). По результатам

исследований\* были определены преимущества ультразвукового распылителя по сравнению с обычными распылителями и ограничения при его использовании.

### 1.3. Вода в газообразном (парообразном) агрегатном состоянии

#### *Водяной пар*

Водяной пар нашел широкое применение в стационарных установках тушения в помещениях с ограниченным количеством проемов объемом до 500 м<sup>3</sup> (сушильные и окрасочные камеры, трюмы судов, насосные по перекачке нефтепродуктов и т. п.), на технологических установках для наружного пожаротушения, на объектах химической и нефтеперерабатывающей промышленности.

Как правило, предпочтение отдается насыщенному пару, хотя применяется и перегретый. Наряду с разбавляющим действием, водяной пар охлаждает нагретые до высокой температуры технологические аппараты, не вызывая резких температурных напряжений. Кроме того, пар, подаваемый в виде компактных струй, способен механически отрывать пламя от сопла.

#### *Влажный воздух*

Рассмотрим водяной пар не в чистом виде, а как составляющую воздуха. В воздухе всегда находится водяной пар, и мы имеем дело с механической смесью газов и водяного пара. Сухой воздух, не содержащий водяного пара, состоит по объему из 78 % азота и 21 % кислорода, а 1 % составляют углекислый газ, водород, гелий, неон и аргон. Состав воздуха практически везде одинаковый.

Объемная доля водяного пара в воздухе зависит в значительной степени от местности, погодных условий и составляет от 1 до 3 % объема смеси. Кроме водяного пара, влажный воздух может содержать мельчайшие капельки воды (в виде тумана) или кристаллы льда (снег, ледяной туман). Водяной пар во влажном воздухе может быть в насыщенном или перегретом состоянии. Смесь сухого воздуха и насыщенного водяного пара называют насыщенным влажным воздухом, смесь сухого воздуха и перегретого сухого пара — ненасыщенным влажным воздухом.

Температура, до которой необходимо охладить ненасыщенный влажный воздух, чтобы содержащийся в нем перегретый пар стал насыщенным, называется температурой точки росы. При дальнейшем охлаждении влажного воздуха (ниже температуры точки росы) происходит конденсация водяного пара.

\* Όβαίγα Έεεήεί, Έ. Έόίαδ, Άδóί Ν. Ì óαεóì áαδ, εαδάαδà ìάδαιέ-άνεεδò ìδìοάνηíá, Ìαδè-í íαεùí úé óíεάαδñεδάδ Νèíááíόδà, Ìδääéáíεά áú÷εñεδδáεùí íé áεάδì àè íáì εεè, Έíñδεδóδ áúñí-έòì÷í úδ áú÷εñéáí éé.

Увеличение объемной доли водяного пара ведет, соответственно, к снижению в ней кислорода. Этот принцип используется в воздуходушках, подающих увлажненный воздух. При работе воздуходушки вода подхватывается воздушным потоком и подается на кромку пожара в распыленном виде, где мгновенно происходит подогрев капель до температуры кипения и превращение их в пар. Для перевода в пар 1 л воды из зоны горения отбирается около 540 ккал теплоты. С 1 л воды образуется около 1700 л пара. Защитный слой пара изолирует зону горения, давая выгореть кислороду в ее пределах, и препятствует доступу кислорода извне, способного поддержать горение. При снижении концентрации кислорода в зоне горения до значения меньше критического (14 %) пламенное горение прекращается.

### ***Охлаждающие, разбавляющие и изолирующие свойства испаряющейся воды***

При попадании воды на разогретую поверхность происходит ее испарение — процесс, представляющий собой фазовый переход воды в парообразное состояние. Такие процессы являются наиболее энергоемкими, причем процесс испарения воды имеет один из самых высоких показателей теплового эффекта парообразования — 2260 кДж/кг (для сравнения тепловой эффект испарения твердого диоксида углерода составляет 573,6 кДж/кг). Таким образом, испарение воды при попадании ее в очаг горения является мощным охлаждающим фактором.

При испарении воды, как отмечалось выше, пар увеличивается в объеме в 1700 раз (из 1 л воды при испарении образуется 1700 л пара), благодаря чему происходит разбавление реагирующих веществ, что само по себе способствует прекращению горения. Как известно, процесс горения является газофазным процессом. Появление в газовой фазе негорючего компонента приводит к уменьшению концентрации всех продуктов реакции в системе и тем самым снижает скорость реакции горения. Уменьшение концентрации происходит благодаря перемешиванию газообразных компонентов под действием двух основных движущих сил:

- естественного броуновского движения молекул, стремящегося к выравниванию концентрации всех компонентов во всем занимаемом объеме;
- конвекционных потоков, имеющих направление от участков с большей температурой к участкам с меньшей температурой.

При этом более нагретые (и, следовательно, менее плотные) слои газа вытесняются вверх, а в освободившееся пространство устремляются более холодные потоки газа. Если они состоят в основном из негорючего газа (пары воды), то концентрация реагентов будет постепенно уменьшаться до величины, при которой дальнейшая реакция горения станет невозможной.



Кроме того, при испарении воды очаг горения на некоторое время покрывается слоем газа, который является продуктом предельного окисления водорода ( $H_2O$ ) и поэтому в общем случае не поддерживает горения. До тех пор, пока не произойдет размывания этого слоя в результате газообмена с окружающей средой, изолирующий механизм тушения будет работать.

### **Термоактивированная вода**

Разработанная на кафедре пожарной техники Академии ГПС МЧС России пожарная машина, генерирующая искусственный туман, позволяет потушить горящую квартиру, не заходя в нее и не заливая соседей снизу. Из практики известно, что в лучшем случае на тушение огня используется до 10 % воды, а оставшиеся 90 % проливаются впустую. При тушении термоактивированной водой (так по-научному называется «туман») все происходит наоборот: 90 % воды используется по назначению, и при этом она не утекает, а висит облаком тумана в течение почти 40 мин. То, что горячая вода лучше подходит для тушения пожаров, специалисты выяснили еще в начале прошлого века. Тогда кипятком заливали горящую нефть. Предлагаемое техническое решение предусматривает мгновенное закипание воды, как только она попадает в атмосферу, но не под действием высокой температуры, а за счет разности давлений. В разработанной установке вода нагревается до 160–210 °С под давлением 130–200 атм, а при выходе ее из распылителя давление мгновенно падает до 1 атм. На выходе образуется туман, состоящий из мельчайших капель воды (размером от 1 до 10 мкм), которые, «цепляя» вместо кислорода частицы горючего вещества, замещают кислород, и горение прекращается. Основу установки составляет устройство теплообменника — экономайзер, который, собственно, и производит термоактивированную воду — рукотворный туман.

## **1.4. Сравнительный анализ известных способов тушения водой**

Применение воды с размером капель более 400 мкм в стандартных стволах и автоматических установках пожаротушения (АУП) имеет определенные положительные стороны:

- струи воды с высокими энергетическими показателями способны достичь очага пожара, проникнуть в его ядро и потушить возгорание;
- легче и быстрее достигается смачивание и охлаждение твердых горючих материалов.

Однако при этом требуется большое количество воды (более 0,08 л/( $m^2 \cdot c$ )), львиная доля которой стекает ниже уровня пожара, не участвуя в тушении. Это приводит к тяжелым последствиям, сравнимым с ущербом от пожара.

Применение для тушения тонкораспыленной воды, а также испаряющейся и термоактивированной воды особенно востребовано на объектах, для которых актуальна минимизация ущерба от проливов воды, требуется высокая эффективность тушения и имеются ограничения по водоснабжению.

Вместе с тем следует отметить, что применение ТРВ и способов тушения испаряющейся и термоактивированной водой эффективно в основном только для закрытых помещений и на начальной стадии развития пожара, т. е. при площади пожара не более 2 м<sup>2</sup>. При площади пожара более 3 м<sup>2</sup> тушение пожара ТРВ проблематично, а более 5–6 м<sup>2</sup> (как при реальном пожаре) — физически невозможно [25].

Рассмотрим это на примерах тушения разных групп материалов. По результатам исследований [25] механизм тушения горючих газов (ГГ), легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих (ГЖ) жидкостей заключается в снижении температуры в зоне горения (во всем факеле пламени одновременно) до 800–900 °С. Для этого необходимо, чтобы огнетушащее средство проникло внутрь факела пламени и отняло у него теплоты порядка 20–30 % от общего количества теплоты, выделяемой при горении. Однако физически ТРВ, покинув ствол на скорости 40–60 м/с (предельной для двухфазной смеси воды и воздуха), тормозится сопротивлением воздуха и ввиду незначительной кинетической энергии каплей диаметром 10–150 мкм ( $E_{кин} = m_k v_k^2 / 2$ ) уже через 2–3 м движется по законам гравитации и аэродинамических восходящих потоков со скоростью витания (парения). Скорости восходящих потоков продуктов сгорания над очагом горения более 2 м<sup>2</sup> значительно превышают скорость витания ТРВ. А это значит, что такой способ подачи воды, как подача ТРВ, не может обеспечить проникновение ее внутрь пламени горящих ГГ, ЛВЖ и ГЖ.

Механизм тушения ТГМ (твердых горючих материалов), особенно древесины, заключается главным образом в охлаждении поверхности самой горящей древесины. Для этого ТРВ, пролетев через весь факел пламени, должна достичь поверхности горящей древесины и за счет своего испарения снизить ее температуру ниже температуры начала ее пиролиза (порядка 200–250 °С) [26]. Капли ТРВ размером 10–150 мкм испаряются уже во внешних зонах факела пламени и физически не могут достичь поверхности ТГМ, которую надо охладить.

Механизмы тушения, описанные выше, относятся и к способам тушения термоактивированной водой, при которых пароводяной туман с размером капель около 5–10 мкм еще при меньших скоростях восходящих потоков будет унесен за пределы горения. Следует учесть, что процесс конденсации термоактивированной воды происходит при температурах ниже 150–200 °С. Но это еще не пожар, а стадия загорания, когда площадь загорания так мала, что ее можно залить из обычного распыляющего ствола с расходом 3–5 л/с.

Распыляющие стволы ручные и лафетные (см. ч. 6, гл. 2), в отличие от стволов со сплошными струями, формируют полидисперсные распыленные струи, включающие как капли с высокой кинетической энергией (200–400 мкм), так и капли ТРВ (размером менее 150 мкм). Формирование капель происходит уже на выходе из насадка в кольцевом щелевом зазоре, где при ускорении потока происходит кавитация, проявляющаяся в образовании мельчайших пузырьков, что приводит к дроблению струи. Вода в потоконаправляющей части распыляющего насадка формируется в виде цилиндрического потока, полого внутри. Вакуум, создающийся внутри, фокусирует струю к центру и равномерно заполняет весь внутренний объем распыленной капельной массой. Дробление капель происходит и в свободном полете струи при сопротивлении воздуха.

Характеризуя огнетушащие свойства полидисперсных распыленных струй, надо отметить главное: они позволяют тушить реальные пожары площадью более 5–6 м<sup>2</sup>. Такие струи способны проникать через весь факел пламени до горящей поверхности благодаря высокой кинетической энергии части капельной массы с крупными каплями. Вместе с тем они имеют, как и ТРВ, способность в значительной степени поглощать тепловую энергию из-за многократно увеличившейся контактной площади поверхности за счет фракции капель высокой дисперсности, доставляемых в общей капельной массе в факел пламени.

## ГЛАВА 2. Пены

Пена — одна из разновидностей дисперсий. Диспергированием в технике называют процесс измельчения, дробления твердых, жидких или газообразных веществ.

Пена — это дисперсия газа в жидкой или твердой фазе. Дробить, а точнее, рассеивать можно не только твердые и жидкие вещества, но и газообразные. Для этого газ (например, воздух) нужно равномерно распределить в виде мелких пузырьков в жидкой или твердой среде (матрице).

В зависимости от того, какое вещество (в каком агрегатном состоянии) служит матрицей, а какое диспергируется, дисперсии могут быть разные:

- дисперсия жидкости в жидкости — эмульсия;
- дисперсия твердого вещества в жидкости — суспензия;
- дисперсия газа в жидкости — пена;
- дисперсия газа в твердом веществе — твердая пена.

Сам газ (воздух) тоже может быть матрицей. Дисперсия в нем жидкости называется туманом, а твердого вещества — пылью.

Пена — система, состоящая из газа (воздуха) и жидкости, разделяющей воздушные ячейки. Но не всякая система *газ — жидкость* может быть отне-

сена к пенам. Если газа в жидкости мало, то пузырьки находятся далеко друг от друга, имеют форму шара и свободно перемещаются в жидкости. Это еще не пена. При большом содержании газа (более 80–90 % об.) пузырьки плотно прилегают друг к другу, деформируются и образуют структуру, подобную сотам. Это уже пена.

## 2.1. Структура пены

Кубик вещества размером  $1 \times 1 \times 1$  см имеет площадь поверхности  $6 \text{ см}^2$ . Путем дробления этот кубик можно превратить в мельчайшую пыль. Суммарный объем частиц будет по-прежнему составлять  $1 \text{ см}^3$ , но суммарная площадь поверхности частиц вырастет до квадратных метров, и даже до десятков и сотен квадратных метров.

При насыщении пены воздухом пузырьки теряют сферическую форму и превращаются в многогранники, а разделяющие их пленки приобретают одинаковую толщину во всем объеме пены. Получается пространственная конструкция, в разрезе похожая на пчелиные соты. При образовании пены такая конструкция возникает самопроизвольно. В ней на каждом ребре многогранника сходятся три тонкие пленки, образуя угол  $120^\circ$ . Такая пена характеризуется минимальной поверхностной энергией и, следовательно, наиболее устойчива.

## 2.2. Основные показатели пены

Пена обладает определенной упругостью и в то же время сохраняет ряд свойств, присущих компонентам пены. Сжимается, как газ! А раствор в пленках имеет свойства обычной жидкости.

Основные показатели, характеризующие пены:

- кратность;
- дисперсность;
- устойчивость во времени и при изменении температуры;
- структурно-механические свойства, теплопроводность, электропроводность.

*Кратность* пены характеризуется величиной, равной отношению объема пены к объему раствора, содержащегося в пене. Эта характеристика показывает, сколько объемов пены можно получить из одного объема жидкости.

Определение кратности и устойчивости пены низкой и средней кратности осуществляется по ГОСТ Р 50588–93 [27].

В зависимости от кратности получаемая из пенообразователей пена подразделяется следующим образом:

- не более 20 — пена низкой кратности;
- от 20 до 200 — пена средней кратности;

- более 200 — пена высокой кратности.

*Дисперсность* пены характеризуется средним размером воздушных пузырьков: чем меньше пузырьки, тем более высокую дисперсность имеет пена. При большом размере ячеек пену называют грубодисперсной.

*Устойчивость*, или стабильность, пены характеризуется временем ее существования до полного или частичного разрушения. Этот показатель определяют либо наблюдением за разрушением столба пены, либо измерением времени «жизни» отдельных пузырьков.

*Структурно-механические свойства* пены — это способность пены определенное время сохранять свою первоначальную форму.

*Вязкость* пены — это показатель, который позволяет определить условия перекачивания пены по трубам, растекаемость пенной массы по поверхности (например, при тушении пожара), способность к свободному истечению из отверстий.

### 2.3. Пенообразователи

Все основные свойства пены зависят в первую очередь от того, из каких компонентов (веществ) ее получают, т. е. от вида и дозировки пенообразователя.

#### *Основные свойства пенообразователей*

Свойства пенообразователей оцениваются по следующим основным критериям:

- концентрация пенообразователя для приготовления стабильной (стойкой) пены;
- кратность получаемой пены.

Основными пенообразователями являются вещества для получения пены из водных растворов поверхностно-активных веществ. ПАВ при растворении в жидкостях существенно снижают поверхностное натяжение на границе раздела *раствор — газ*. Молекулы ПАВ образуют пузырьки. Чем меньше поверхностное натяжение раствора, тем меньше работа, которую нужно затратить, чтобы получить большую поверхность раздела *газ — жидкость*, и тем легче создать большую поверхность пленок в пене и получить большой объем пены.

Из растворов ПАВ с малым поверхностным натяжением можно получать пены повышенной кратности. Поверхностное натяжение пенообразователей легко определить экспериментально, что позволяет предсказывать пенообразующую способность известных и вновь создаваемых ПАВ и оценивать их пригодность для изготовления пен.

Для практики важны и такие характеристики, как растворимость в воде, моющая и смачивающая способность, способность к пенообразованию в жесткой и морской воде и многие другие. К числу важнейших оценочных критериев относят биологическую разлагаемость ПАВ. К сожалению, ПАВ могут оказывать отрицательное воздействие на растительный и животный мир, на природу вокруг нас.

### **Органические и синтетические пенообразователи**

Наиболее устойчивые пены образуются на основе белковых пенообразователей, которые получают из разнообразных веществ, либо полностью состоящих из белка, либо содержащих его в значительном количестве.

Однако сырьевая база для производства пенообразователей из растительных и животных продуктов весьма ограничена, поэтому все большее значение приобретает производство синтетических ПАВ.

## **2.4. Как получают пену**

Пена, как и любая дисперсная система, может быть получена двумя способами:

- конденсацией, т. е. объединением очень мелких (микроскопических) газовых пузырьков в более крупные;
- диспергированием, т. е. дроблением крупных воздушных пузырей и включений на более мелкие, а следовательно, и более устойчивые.

В первом случае будущая газовая фаза первоначально присутствует в виде отдельных молекул, из которых затем образуются пузырьки. Типичный пример — пивная пена. Диоксид углерода (углекислый газ), возникающий при приготовлении (брожении) пива, растворен в жидкой фазе; когда давление на жидкость резко снижается (при откупоривании бутылки), раствор становится пересыщенным, и излишки растворенного газа образуют газовую фазу. Конденсационный метод (почти мгновенного вспенивания) служит наглядной иллюстрацией закона газового состояния: при повышении давления или понижении температуры растворимость газа в жидкости увеличивается (закон Генри). Если снизить давление или повысить температуру, то газ сразу начинает выделяться и вспенивать жидкость. На этом «эффекте открывания бутылки» основан один из методов вспенивания. Конденсационные методы широко применяют при изготовлении бытовых огнетушителей.

Метод диспергирования основан на получении пены в результате дробления и распределения воздуха или газа в растворе с пенообразователем. Обычно небольшие порции газа вводят в раствор и дробят их там до размеров мелких пузырьков. Легче всего этого добиться, продувая газ через труб-

ку, опущенную в жидкость, или орошая жидкостью металлическую сетку, через которую принудительно подают газ. Таким образом могут быть получены монодисперсные пены, т. е. пены, состоящие из пузырьков одинакового размера.

Наиболее мощные и эффективные установки пенообразования методом диспергирования разработаны для пожаротушения. Они настолько надежны и производительны, что ими широко пользуются в самых разных отраслях народного хозяйства. Применяют в основном три группы устройств.

К первой группе относятся воздушно-пенные стволы, работающие по принципу турбулентной струи: раствор пенообразователя под давлением выбрасывается из насадка, захватывая воздух из окружающей среды, дробится и перемешивается в турбулентном потоке. Пена, образующаяся в результате интенсивного перемешивания раствора и воздуха, выбрасывается через трубу, называемую пенным насадком. Такая пена характеризуется малой кратностью и неоднородностью структуры, поэтому она нестойкая.

Во второй группе устройств используются насадки, формирующие распыленные струи, имеющие сейчас наиболее широкое применение. Распыленный раствор пенообразователя после вылета на высокой скорости из насадка вспенивается при контакте с воздухом. Такие устройства также создают пену низкой кратности и даже при небольших давлениях выбрасывают струю пены на дальние расстояния, что облегчает тушение больших очагов пожара.

В пеногенераторах третьей группы вспенивание происходит на сетках. Раствор пенообразователя под давлением выбрасывается из насадка, попадает в виде капель на ячейки сетки и смачивает их. Поток воздуха, подаваемого вентилятором или эжектором, выдувает на ячейках сетки пузырьки пены. Эти пузырьки отрываются от сетки и образуют пену с мелкими однородными порами громадной кратности (1000 и более). Такие пеногенераторы производят до 15 тыс. л пены в 1 с, а дальность полета струи достигает 8–12 м.

## 2.5. Система тушения пожаров пневматической пеной

В настоящее время в развитых странах мира широко применяются новые эффективные установки для тушения пожаров пневматической пеной. Превосходный результат тушения достигается главным образом за счет эффекта смешивания пенообразователя и сжатого воздуха. Из капли воды в среднем образуется семь крупных пузырей пены, поэтому эта технология имеет еще название «One seven». За счет такого значительного увеличения площади поверхности поглощается большое количество тепла.

Система пневматического пенного тушения состоит из трех основных компонентов: насоса, дозатора и компрессора.

Вода подается под давлением 8 бар от насоса, встроенного в установку. К воде от электронного дозатора подается пенообразователь в очень малых

концентрациях (0,2–1,0 %). В смесь воды и пенообразователя компрессором установки нагнетается сжатый воздух. Таким образом, пена образуется уже в установке и под давлением подается по обычным напорным рукавам диаметром 51 мм на расстояние до 1700 м и высоту до 210 м. Тушение производится обычными ручными пожарными стволами, дальность подачи достигает 25 м.

За счет добавления большого количества воздуха объем огнетушащего состава увеличивается в 8 (мокрая пена) и 21 раз (сухая пена).

Установки пневматического пенного тушения и комплектующие узлы имеют модульную конструкцию, поэтому могут легко встраиваться в существующие пожарные автомобили, а также легко монтируются в новые пожарные автомобили. Производятся установки различных размеров и производительности — от 1400 до 22000 л пены в минуту, а также стационарные установки для автоматических систем пожаротушения с электроприводом и бензиновым двигателем.

В качестве примера эффективности данной технологии приведем данные по эксперименту тушения пожара класса В на нефтеперерабатывающем заводе.

Круглая ванна диаметром 10 м и площадью 78,5 м<sup>2</sup> заполнена дизельным топливом в количестве 30 м<sup>3</sup> (24 т). Время горения до начала тушения составляет 2 мин. Проводится прямое тушение подачей мокрой пены с помощью пожарного ствола с интенсивностью 3,2 л/(мин·м<sup>2</sup>). Расход воды 250 л/мин, сжатого воздуха — 1750 л/мин. Применяется пенообразователь В (АFFF) концентрации 0,5 %. Время тушения составило 80 с при расходе воды 340 л, пенообразователя — 1,7 л.

Преимущества технологии тушения пневматической пеной по сравнению с традиционными способами тушения следующие:

- высокая эффективность тушения при минимальном расходе тушащих средств: благодаря эффективным свойствам пены (охлаждение, прилипание, смачивание, текучесть) до 80 % огнегасящего состава используется эффективно по назначению и производится более быстрое по сравнению с обычной пеной тушение пожаров различной сложности;
- достигается значительная экономия людских и материальных ресурсов: сокращается расход топлива за счет использования автономного двигателя внутреннего сгорания установки 29–50 л/с; сокращается расход пенообразователя в 20 раз (по сравнению с технологией подачи обычной пены при одинаковом расходе воды);
- сокращается время боевого развертывания за счет использования рукавов диаметром 51 мм для прокладки рукавных линий с рабочим давлением в них не более 0,8 МПа, что предотвращает выход из строя рукавов, а это особенно актуально при подаче пены на большие высоты;



- обеспечивается сохранность оборудования и материальных ценностей благодаря расходу значительно меньшего количества огнетушащих средств;
- наносится минимальный ущерб окружающей среде;
- пневматическая пена позволяет тушить на больших расстояниях (более 1700 м) и на высотах (до 210 м).

## 2.6. Огнетушащие свойства пен

Создание между зоной горения и горючим материалом или воздухом изолирующего слоя из огнетушащих веществ и материалов — распространенный способ тушения пожаров, применяемый пожарными подразделениями. Основным средством изоляции являются огнетушащие пены.

Воздушно-механическая пена образуется в результате механического перемешивания водного раствора пенообразователя с воздухом в специальном стволе или генераторе. Различают пену низкой, средней и высокой кратности. Кратность воздушно-механической пены зависит от конструкции ствола (генератора), с помощью которого ее получают.

Основное огнетушащее свойство пен — изолирующая способность. Пена изолирует зону горения от горючих паров и газов, а также горящую поверхность горючего материала от тепла, излучаемого зоной реакции. Прежде чем накопиться на горячей поверхности достаточным слоем, изолирующим выход горючих паров и газов в зону горения, пена под действием тепла разрушается и охлаждает вещество. При этом жидкость, из которой получена пена, испаряется, разбавляя горючие пары и газы, поступающие в зону горения, и т. д. Все это, без сомнения, способствует прекращению горения, но доминирующим свойством, которое приводит именно к потуханию пламени, является изоляция.

Другое свойство пены, представляющее интерес для работников противопожарной службы, — стойкость, т. е. способность пены какое-то время сохраняться, не разрушаясь. Ведь именно от этого свойства зависит нормативное время тушения пенами тех или иных горючих веществ и материалов.

## 2.7. Основные характеристики отечественных и зарубежных пенообразователей [28]

В зависимости от области применения пенообразователи в России согласно ГОСТ 4.99–83 делятся на две группы — общего и целевого назначения.

Пенообразователи *общего* назначения (ПО-ЗАИ, ПО-ЗНП, ПО-БНП и др.) имеют углеводородную основу и предназначены для получения пены или растворов смачивателей для тушения пожаров твердых сгораемых материалов (класс А) и горючих жидкостей (класс В).

Пенообразователи *целевого* назначения (фторированные) используются при тушении нефти, нефтепродуктов и полярных органических жидкостей. В эту же группу включен пенообразователь «Морской», имеющий углеводородную основу. Последний может применяться для получения пены с использованием морской воды и предназначен для тушения горючих жидкостей на судах и объектах морского флота.

По способности разлагаться под действием микрофлоры водоемов и почв пенообразователи делятся на биологически мягкие (биоразлагаемость более 80 %) и биологически жесткие (биоразлагаемость не более 40 %). Биоразлагаемость пенообразователя указывается в его технических характеристиках.

За рубежом пенообразователи в зависимости от поверхностно-активной основы делятся на протеиновые (белковые), фторпротеиновые, синтетические (углеводородные), фторсинтетические пленкообразующие (АFFF) и фторпротеиновые пленкообразующие (FFFP).

Протеиновые пенообразователи состоят из гидролизованного белка с добавками стабилизаторов. Они образуют пену низкой кратности, обладающую высокой теплостойкостью, растекаемостью и предупреждающую повторное воспламенение паров топлива. Эти пенообразователи предназначены для тушения углеводородов. К их недостаткам относится способность смешиваться с углеводородами, что приводит к их загрязнению. Во избежание этого требуется очень мягкая (плавная) подача пены на горящую поверхность. Протеиновые пенообразователи в России так и не нашли применения.

Фторпротеиновые пенообразователи состоят из смеси гидролизованных и стабилизированных белков с органическими олеофобными ПАВ. Наличие фторированных ПАВ позволяет получать пену, устойчивую к загрязнению углеводородами, и подавать ее навесными струями непосредственно на поверхность горячей жидкости. Кроме того, фторпротеиновая пена обладает повышенной огнетушащей способностью и сопротивляемостью к повторному воспламенению, в том числе и при наличии горячих металлических предметов в зоне горения.

Синтетические пенообразователи предназначены для получения пены низкой, средней и высокой кратности. Получаемая из них пена недостаточно устойчива при контакте с нагретыми углеводородами и твердыми предметами. Поэтому за рубежом не рекомендуют применять ее для тушения пожаров в крупных резервуарах и при больших проливах. Пену средней и высокой кратности рекомендуется применять для тушения пожаров в ангарах, корабельных отсеках, машинных залах, галереях и т. д.

Пленкообразующие пенообразователи состоят из смеси углеводородного и фторуглеродного пленкообразующего поверхностно-активного вещества. Фторуглеродный компонент снижает поверхностное натяжение водного

раствора пенообразователя до значения ниже, чем у нефтепродуктов. Вследствие этого пленка раствора, выделяющегося из пены, растекается по поверхности топлива и резко сокращает скорость его испарения. Кроме того, фторуглеродный компонент пенообразователя придает пене инертность к углеводородным жидкостям, что существенно снижает возможность загрязнения пены топливом и позволяет подавать низкократную пену в очаг пожара навесной струей или в нижнюю часть резервуара под слой нефтепродукта. Огнетушащая эффективность пены из пленкообразующих пенообразователей типа AFFF значительно выше, чем пены из синтетических (углеводородных) пенообразователей.

Фторпротеиновые пленкообразующие пенообразователи типа FFFP предназначены для получения низкократной пены, сочетающей в себе повышенную огнетушащую эффективность, присущую пене из пленкообразующих составов, и надежность, характерную для пены из фторпротеиновых пенообразователей. Такая пена имеет хорошую текучесть, повышенную устойчивость к загрязнению нефтепродуктами, а также сопротивляемость к повторному воспламенению топлива; образует устойчивую изолирующую пленку на поверхности углеводородов, в том числе и при наличии горячих поверхностей; прочно прилипает к металлическим конструкциям. Кроме того, достоинствами этих пенообразователей являются длительный гарантийный срок хранения, низкая температура замерзания, возможность получения пены с водой любой жесткости, в том числе с морской, а также совместимость пены с сухими порошками при их отдельной подаче. Сравнительные характеристики огнетушащих свойств различных видов пенообразователей представлены в табл. 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1

**Огнетушащие свойства различных видов пенообразователей**

İ îêàçàðàëü	İ áí î áðàç î áàðàëü				
	î ð î ð à è - í î á ü é	ñ è í ò à ð è - ÷ à ñ è è é	ò ò î ð î ð î ð à - è í î á ü é	ò ò î ð ñ è í ò à ð è - ñ è è é í è á í è í î á ð à ç ò ð ù è é	ò ò î ð î ð î ð à è í î á ü é í è á í è í î á ð à ç ò ð ù è é
Ñ è í ð î ñ ò ù ò ó ø á í è ÿ	*	***	***	****	****
Ñ í î ð î ð è à è ÿ ä í î ñ ò ù è í î á ò î ð í î ó á í ç - á î ð à í è ð	****	*	****	***	***
Ó ñ ò í é ÷ è á í ñ ò ù è ò à è á á í á î ð í à à ì	*	*	***	****	****

İ ð è ì á - á í è á. Ç í à è è í ç í à - ð ò: \* — ñ è á á á ÿ; \*\* — ñ ð á á í ÿ ÿ; \*\*\* — ð í ð î ø à ÿ; \*\*\*\* — í ð è è - í à ÿ.

Пенообразователи и рабочие водные растворы имеют следующие основные регламентируемые параметры:

- Поверхностное натяжение рабочего раствора пенообразователя, мН/м, не выше . . . . . 18
- Межфазное поверхностное натяжение на границе с гептаном, мН/м, не менее . . . . . 3,0
- Вязкость концентрата пенообразователя при температуре 20 °С, сСт, не более . . . . . 100
- Токсичность, класс опасности (по ГОСТ 12.1.007) . . . . . 4
- Температура замерзания, °С, не ниже . . . . . Минус 15
- Концентрация рабочего раствора, % . . . . . 3 или 6
- Срок хранения концентрата пенообразователя, лет, не менее . . 10

Кроме того, пенообразующая способность пенообразователя не должна зависеть от жесткости воды, применяемой для приготовления рабочего раствора. Пенообразователь не должен содержать осадка и посторонних примесей.

Предпочтительным является применение биологически разлагаемых пенообразователей (см. табл. 4.2 и 4.3).

Таблица 4.2

**Сравнительные характеристики огнетушащих свойств пенообразователей**

Ï îêàçàðàëü	Ï áíííáðàçíáàðàëè íáùááí íàçíà-áíëý				Ï áíííáðàçíáàðàëè óáëááíáí íàçíà-áíëý		
					òðíðñíáàðàëè ùèá íëáíëííáðàçòð ùèá	òðíðñí- áàðàëè ùèá	
	Ï Î-6 Í Î	Ï Î-3 Í Î	ÒÝÀÑ	Ï Î-6ÒÑ	Ï îäñëíëííéíóé	Ï Î-6A3F	Ï Î-6Ò Î
Ï èíðííòù ïðè 20 °Ñ, 10 <sup>3</sup> èá/í <sup>3</sup>	1,04	1,066	1,046	1,05	1,06	1,035	1,04
Èè íáíàðè-áñëáý áýçèíòù ïðè 20 °Ñ, í í <sup>2</sup> /ñ, íá áíëáá	50	50	40	40	30	50	50
Òáí íáðàòòðà çà- ñòóááíëý, °Ñ, íá áù øá	-8	-3	-8	-3	-15 (-35 ïí çàèàçó)	-5	-5
Áíáíðíáííóé ííè- çàðàëü ðÍ	7,0-10,0	7,0-10,0	7,5-9,0	7,8-10,0	6,0-8,0	6,5-10	6,5-10
Èííóáíðàòèý ðà- áí-ááí ðáñòáíðà, %	6	3	6	6	6	6	6
Ñðíë áíáííòè, èáð, íá íáíáá	3	3	3	3	15	5	5
Áèíðàçèáááí íòù	Áèíëíè-áñëè ïýáèá						

В табл. 4.3 приведены характеристики зарубежных пенообразователей, имеющих российский сертификат пожарной безопасности.

Таблица 4.3

**Характеристики зарубежных пенообразователей**

Ï îêàçàðàëüü	Ï ää í ê í í á ð à ç ó ð ù è à ò ò í ð ñ í ä ä ð æ à ù è à í ä í í á ð à ç í ä à ð ä è è				
	HYDRAL-3	FC-203	FC-206AF	PETROFILM	STHAMEX-AFFF
	Á è ä ð à è 3	Ë ä ä è ä ý á í ä à ð ì		Ï ä ò ð í ó è è ü ì	Ø ò à ì ä è ñ
Ï è ì ò í í ñ ò ù ì ð è 20 °Ñ, 10 <sup>3</sup> è ã / ì <sup>3</sup>	1,01...1,08	1,01...1,16	1,01...1,12	1,01...1,10	1,01...1,10
Ë è í á ì à ð è - ä ñ - è ä ý ä ý ç è í ñ ò ù ì ð è 20 °Ñ, ì ì <sup>2</sup> / ñ, í á á í è ä ä	40	35	30	50	40
Ò à ì í ä ð à ò ð ð à ç à ñ ò ù ä ä í è ý, °Ñ, í á ä ù ø á	1 (-35 í í ç à è à ç ó)	-18	-18 (-30 í í ç à è à ç ó)	-18 (-40 í í ç à è à ç ó)	-15 (-40 í í ç à è à ç ó)
Á í ä í ð í ä í ú é í î ê à ç à ð à è ü ð Í	7,5-9,0	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
Ë í í ò ä í ò ð à ò è ý ð à á í - ä ä í ð ä ñ - ò ä í ð à, %	3	3	6	6	3 è è è 6
Ñ ð í è ä í ä í í ñ ò è, è ä ò, í á ì á í ä ä	Á í è ä ä 15	Á í è ä ä 15	Á í è ä ä 15	Á í è ä ä 15	Á í è ä ä 15
Á è í ð à ç è à ä ä - ä ì ñ ò ù	Á è í è í ä è - ä ñ è è ì ý ä è è ä				

**ГЛАВА 3. Огнетушащие порошки**

В настоящее время для тушения различных горючих веществ все более широкое применение находят огнетушащие порошковые составы. Они не токсичны, не оказывают вредного воздействия на материалы, не электропроводны и не замерзают.

Механизм прекращения горения порошками заключается в основном в изоляции горячей поверхности от зоны горения, т. е. в прекращении доступа горючих паров и газов в зону реакции. Основным критерием прекращения горения порошковым составом является удельный расход. В табл. 4.4 приведены основные характеристики огнетушащих порошков общего назначения.

Таблица 4.4

**Основные характеристики огнетушащих порошков общего назначения**

Идентификационный номер	Наименование	Средняя удельная масса порошка, г/л	Свойства
И-3 (ГО 2149-017-10-968286-95)	Абсолютно сухой, негигроscopic, не содержит влаги	0,8	157040, а. Абсолютно сухой, негигроscopic, не содержит влаги, 1
И-А (ГО 301-11-10-90)	Огнеустойчивый, негигроscopic, не содержит влаги	0,8	Есть в наличии, И-А "Огнеустойчивый", а. Есть в наличии
И-Е (ГО 10968286-06-94)	Огнеустойчивый, негигроscopic, не содержит влаги	1,0	157040, а. Абсолютно сухой, негигроscopic, не содержит влаги, 1

**ГЛАВА 4. Охлаждающие огнетушащие вещества**

Для охлаждения отдельных видов горючих материалов, кроме воды, применяется твердый диоксид углерода (углекислота). Это мелкая кристаллическая масса плотностью  $\rho = 1,53 \text{ кг/м}^3$ , которая при нагревании переходит в газ, минуя жидкое состояние. Это позволяет тушить ею материалы, портящиеся от воздействия влаги. Кипит твердая углекислота при температуре минус 78,5 °С, теплота ее испарения равна 573,6 Дж/кг, что значительно меньше, чем у воды. Однако скорость охлаждения горящих веществ достаточно высока. Это объясняется большой разностью температур углекислоты и на поверхности горящего материала.

Твердый диоксид углерода прекращает горение всех горючих веществ, за исключением металлического натрия и калия, магния и его сплавов. Он не электропроводен и не смачивает горючие вещества, поэтому его можно применять для тушения электроустановок под напряжением, двигателей, при пожарах в архивах, музеях, библиотеках, на выставках. При тушении он подается на поверхность горящих веществ равномерным слоем.

Несмотря на то что плотность твердой углекислоты больше, чем воды, вследствие непрерывного перехода в газ и создания своеобразной газовой подушки она не тонет в горячей жидкости, оставаясь на поверхности. Верхний слой горящего вещества при этом охлаждается, и количество горючих паров и газов в зоне горения уменьшается. Возгонка (кипение) твердой углекислоты в газ и испарение горючего вещества происходят на одной поверхности. Поэтому в зону горения поступает смесь горючих паров с диок-

сидом углерода, что приводит к снижению скорости реакции и температуры горения ниже температуры потухания, а значит, и к ликвидации пожара.

Из вышесказанного следует, что механизм прекращения горения твердым диоксидом углерода заключается в охлаждении горящих материалов и разбавлении их паровой фазы или продуктов разложения диоксидом углерода одновременно. Однако в прекращении горения большую роль играет процесс охлаждения. Действительно, горение не прекращается сразу после подачи слоя твердой углекислоты на поверхность горящего материала, т. е. когда объем образующегося диоксида углерода максимальный. Горение прекращается именно после снижения температуры горящего материала, уменьшения скорости испарения и термического разложения.

Наиболее быстро твердая углекислота охлаждает жидкие горючие вещества, так как они своей текучестью компенсируют недостаток ее удельной площади поверхности соприкосновения. Значительно медленнее происходит охлаждение (прекращение горения) горящих твердых веществ (древесины, резины и т. п.), а у волокнистых веществ и материалов (хлопок, шерсть, торф) оно не наступает вообще.

Снизить температуру горящего слоя горючих веществ и тем самым прекратить горение можно перемешиванием самих горящих веществ. Всем известен прием прекращения самонагревания сырого зерна на току перелопачиванием. Это не что иное как прекращение горения за счет дробления очага пожара, увеличения площади поверхности теплообмена, т. е. за счет охлаждения.

Путем перемешивания можно прекратить горение и горючих жидкостей. Очевидно, что в процессе горения жидкости прогреваются в глубину. Первоначально толщина прогретого слоя не превышает нескольких сантиметров, и нижние слои горючей жидкости в резервуаре имеют первоначальную температуру, т. е. температуру хранения. Если перемешать жидкость, то можно охладить ее верхний слой и тем самым снизить скорость горения. При определенных условиях степень охлаждения может оказаться такой, что температура верхнего слоя жидкости снизится ниже температуры воспламенения, и горение прекратится. Опытами и практикой доказано, что такое явление может наступить в том случае, если температура вспышки горючей жидкости не менее чем на 5 °С выше температуры хранения ее в данных условиях. Например, при температуре воздуха 30 °С можно обеспечить прекращение горения перемешиванием жидкости в резервуаре с температурой вспышки 35 °С и более. Однако при этом должно быть выполнено дополнительное условие — интенсивное охлаждение стенок горящего резервуара.

## ГЛАВА 5. Разбавляющие огнетушащие вещества

Для прекращения горения разбавлением реагирующих веществ применяются такие огнетушащие средства, которые способны либо разбавить горючие пары и газы до негорючих концентраций, либо снизить содержание кислорода воздуха до концентрации, не поддерживающей горения.

Приемы прекращения горения заключаются в том, что огнетушащие средства подаются либо в зону горения или в горящее вещество, либо в воздух, поступающий к зоне горения. Наибольшее распространение они нашли в стационарных установках пожаротушения для относительно замкнутых помещений (трюмы судов, сушильные камеры, испытательные боксы и покрасочные камеры на промышленных предприятиях и т. д.), а также для тушения проливов горючих жидкостей небольшой площади на земле. Необходимое условие для успешного тушения их в резервуарах воздушно-механической пеной — разбавление спиртов до 70 % водой.

Практика показывает, что в качестве разбавляющих огнетушащих средств наибольшее распространение нашли диоксид углерода, азот, водяной пар и распыленная вода.

Механизм прекращения горения при введении разбавляющих огнетушащих веществ в помещение, в котором происходит пожар, заключается в понижении объемной доли кислорода. При введении разбавляющих веществ в помещении повышается давление, происходит вытеснение воздуха и вместе с ним кислорода, увеличивается концентрация негорючих и не поддерживающих горение газов, парциальное давление кислорода падает. Все это приводит к снижению скорости диффузии кислорода к зоне горения, к уменьшению количества вступающих в реакцию горючих паров и газов, к снижению количества выделяющегося тепла в зоне реакции. При определенной концентрации разбавляющих огнетушащих веществ в воздухе помещения температура горения снижается и становится меньше температуры потухания, и горение прекращается.

Практика и опыт тушения пожаров показывают, что пламенное горение большинства горючих материалов прекращается при снижении концентрации кислорода в воздухе помещения до 14–16 %.

Углекислый газ применяется для тушения пожаров электрооборудования и электроустановок, в библиотеках, книгохранилищах, архивах и т. п. Однако им, как и твердой углекислотой, категорически запрещено тушение щелочных и щелочно-земельных металлов.

Азот главным образом применяется в стационарных установках пожаротушения для тушения натрия, калия, бериллия и кальция.

Диоксид углерода и азот хорошо тушат вещества, горящие пламенем (жидкости и газы), но плохо тушат вещества и материалы, способные тлеть (древесина, бумага). К недостаткам диоксида углерода и азота, как огнету-



шащих веществ, следует отнести их высокие огнетушащие концентрации и отсутствие охлаждающего эффекта при тушении.

Для тушения магния, лития, алюминия, циркония применяют аргон.

Таким образом, разбавляющие огнетушащие средства, наряду с охлаждающими и изолирующими, обладают достаточно высоким эффектом тушения и должны настойчиво внедряться в практику работы пожарных подразделений. Особое внимание при этом следует уделить более широкому применению тонкораспыленной воды.

## ГЛАВА 6. Огнетушащие средства ингибирующего действия

Прекращение реакции горения возможно способом химического торможения. Сущность его заключается в том, что в воздух горящего помещения или непосредственно в зону горения вводятся такие огнетушащие вещества, которые вступают во взаимодействие с активными центрами реакции окисления, образуя с ними либо негорючие, либо менее активные соединения и обрывая тем самым цепную реакцию горения. Поскольку эти вещества оказывают воздействие непосредственно на зону реакции, в которой реагирующие вещества находятся в паровоздушной фазе, они должны отвечать следующим специфическим требованиям:

- иметь низкую температуру кипения, чтобы при малых температурах разлагаться, легко переходить в парообразное состояние;
- иметь низкую термическую стойкость, т. е. при малых температурах разлагаться на составляющие их атомы и радикалы;
- разлагаться на продукты термического распада, активно вступающие в реакцию с активными центрами горения.

Этим требованиям отвечают галоидированные углеводороды — особо активные вещества, оказывающие ингибирующее действие, т. е. тормозящее химическую реакцию горения. Однако в отношении этих веществ следует помнить общие требования к огнетушащим средствам и их свойства, особенно такое, как токсичность. Наиболее широкое применение нашли составы на основе брома и фтора. Галоидированные углеводороды и огнетушащие составы на их основе имеют высокую огнетушащую способность при сравнительно небольших расходах.

Следует отметить, что прекращение горения достигается именно химическим путем, что подтверждается опытами. Если для прекращения горения разбавлением необходимо снизить концентрацию кислорода, то в данном случае она остается в пределах 20–20,6 %, что явно достаточно для протекания реакции окисления.

Исследованиями последних лет установлено, что огнетушащие порошки, которые подаются в горящие объемы в виде аэрозоля (т. е. порошок

не покрывает горящую поверхность, а облако из него окружает зону горения), прекращают горение также путем химического торможения. Соли металлов, содержащиеся в порошке, вступают в реакцию с активными центрами. Соли металла в зоне реакции нагреваются до высокой температуры и переходят в жидкое состояние (возможно, частично испаряются). Остальная часть молекул соли разлагается с образованием либо металла, либо оксида или гидрата металла.

Бромистый метилен — жидкость; плотность 1732 кг/м<sup>3</sup>, относительная плотность по воздуху примерно 60; температура замерзания минус 52,5 °С, температура кипения 98 °С. Из 1 л жидкости получается около 350 л пара. Он хорошо смешивается с бромистым этилом и растворяет углекислоту.

Бромистый этил — ЛВЖ с характерным запахом; плотность 1455,5 кг/м<sup>3</sup>, относительная плотность по воздуху примерно 4; температура замерзания минус 199 °С, температура кипения 38,4 °С. При концентрации в воздухе 6,5–11,3 % об. способен воспламеняться от мощного источника зажигания, поэтому в чистом виде не применяется. Из 1 л жидкости при испарении получается 400 л пара. Бромистый этил не электропроводен, плохо растворим в воде и образует с ней эмульсию. Обладает высокими коррозионными свойствами, особенно по отношению к алюминиевым сплавам. Однако из-за высоких огнетушащих свойств он входит как основной компонент в огнетушащие составы, такие как «3,5», 4НД, БФ 1 и 2БМ. Бромистый этил обладает хорошей смачивающей способностью; составы на его основе можно использовать для тушения древесины, органических жидкостей, хлопка и других волокнистых материалов.

Тетрафтордибромэтан — жидкость; плотность 2175 кг/м<sup>3</sup>, температура замерзания минус 112 °С, температура кипения 46,4 °С. Из 1 л жидкости образуется 254 л пара, который почти в 9 раз тяжелее воздуха (плотность по воздуху 8,96). Токсичность и коррозионные свойства его паров значительно ниже, чем у паров бромистого этила.

На основе галоидированных углеводородов и углекислоты разработаны огнетушащие составы, которые обладают свойствами компонентов, входящих в их состав. Состав ТФ — это чистый тетрафтордибромэтан, или (как его нередко называют) фреон 114В2, или хладон.

Состав «3,5» в 3,5 раза эффективнее диоксида углерода (отсюда и его название). При нормальных условиях из 1 кг состава «3,5» образуется 144 л паров бромистого этила и 153 л диоксида углерода. При тушении состав выбрасывается из насадка в виде распыленной струи жидкости, которая быстро испаряется. На открытых пожарах струя подается в зону горения на поверхность горящего материала, при тушении внутренних пожаров — в объем помещения.

Состав «7» по своим свойствам ближе к бромистому метилу. Из 1 л состава образуется 430,2 л паров (342,3 л бромистого метилена и 80,9 л бромистого этила).

Состав 4НД по свойствам почти не отличается от бромистого этила. Небольшое количество углекислоты вводится в качестве флегматизатора и для лучшего распыления.

Водобромэтиловая эмульсия состоит из 90 % воды и 10 % по массе бромистого этила. Для ее получения не требуется никаких дополнительных устройств. В бачок для пенообразователя заливается бромистый этил. С помощью стационарного пеносмесителя он вводится в воду, эмульсия подается через обычные стволы-распылители. Капли эмульсии, подаваемые в очаг пожара, имеют следующее строение: каждая капелька бромэтила окружена снаружи водяной оболочкой. Достигая зоны горения или попадая в нее, из-за низкой температуры кипения бромистый этил превращается в пар, разрывая при этом капли воды и делая ее мелкодисперсной. Горение прекращается как за счет разбавления горючих паров и газов водяным паром (мелкораспыленная вода почти полностью испаряется в зоне горения), так и за счет химического торможения реакции окисления. Время тушения эмульсией в 7–10 раз меньше по сравнению с водой, подаваемой из того же ствола-распылителя.

Галоидированные углеводороды эффективнее инертных газов. Например, тетрафтордибромэтан более чем в 10 раз эффективнее диоксида углерода и почти в 20 — водяного пара. Благодаря высокой плотности паров и жидкостей возможна подача их в очаг пожаров в виде струй, проникновение капель в зону горения, а также удержание огнетушащих паров у очага горения. Галоидоуглеводороды и огнетушащие составы на их основе имеют низкую температуру замерзания, поэтому они могут быть эффективно применены в условиях низких температур, однако по экологическим условиям производство галоидированных углеводородов ограничено.

## **ГЛАВА 7. Выбор огнетушащего вещества, способа пожаротушения и типа установки пожаротушения**

Для возникновения и развития процесса горения, приводящего к пожару, необходимо присутствие горючего вещества, окислителя, источника зажигания и непрерывный поток тепла от очага пожара к горючему материалу. Для прекращения горения достаточно исключить какой-либо из перечисленных факторов. Подытожив все вышесказанное относительно ОТВ, можно заключить, что пожаротушение можно обеспечить:

- изоляцией очага горения от воздуха или снижением содержания кислорода в воздухе, что достигается разбавлением воздуха негорючей средой до концентрации, при которой горение становится невозможным;

- охлаждением очага горения до определенных температур;
- интенсивным ингибированием скорости химических реакций в пламени;
- механическим срывом пламени (сильной струей воды);
- созданием условий огнепреграждения (охлаждение и снижение горючести в близлежащих к очагу горения местах).

### 7.1. Выбор огнетушащего вещества

Возможные ОТВ выбирают в соответствии с НПБ 88–2001\* [22]. Учитывают также рекомендуемые сведения о применимости огнетушащих веществ для АУП, приведенные в табл. 4.5, в зависимости от класса вероятного пожара по ГОСТ 27331–87 [29] и свойств находящихся на объекте материальных ценностей.

Для объектов, функциональная пожарная опасность которых отнесена к классам Ф2 или Ф3 (согласно Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности, <sup>1</sup> 123-ФЗ, ст. 32 [30]), учитывают также сведения о токсичности ОТВ.

Дисперсность воды, применяемой для тушения легковоспламеняющихся жидкостей и горючих жидкостей, зависит от температуры их вспышки.

При использовании пенообразователя учитывают температуру кипения летучих жидкостей.

Пенообразователи целевого назначения используют как для тушения конкретных веществ (например, ПО-6ТФ-У, ПО-6ЦФП и др. — для полярных (водорастворимых) горючих жидкостей; ПО-6ЦТ и ПО-6НП — для нефтепродуктов), так и для специфических условий (например, ПО-6ЦНТ, ПО-6МТ и др. — для условий Крайнего Севера; пенообразователи «Морпен», ПО-6ТС-М, ПО-6НП-М и др. — для получения пены кратностью от 10 до 1000 с применением морской воды; пленкообразующие фторсинтетические пенообразователи ПО-6АЗР, ПО-6ТФ, ПО-6ЦФ и др. совместимы с пресной, оборотной и морской водой и со стандартным пожарным оборудованием).

Для выбранных ОТВ проверяют противопоказания к их применению по данным табл. 5 НПБ 88–2001\* [22] и справочным материалам. Так, водопенные ОТВ нельзя применять для тушения следующих материалов:

- алюминийорганических соединений (реакция со взрывом);
- литийорганических соединений; азида свинца; карбидов щелочных металлов; гидридов ряда металлов — алюминия, магния, цинка; карбидов кальция, алюминия, бария (разложение с выделением горючих газов);
- гидросульфита натрия (самовозгорание);

Таблица 4.5

Применимость огнетушащих веществ в АУП для тушения пожара различных классов

Επιάνη ιαθά	Άιρδρ-εά αά ύ άνωά ε ί άοδθεάύ (ίάύάεόύ)	Δάνι ύ- εάί ύάύ άίάά	ΌΔά	Δανί ύάί ύάύ άίάά ηί ηί ά-εάάεάί	Άίτσοφ ίί-ί άοάίε-άηέάύ ίάίά			ίά ίηίάά ί ί όοίδρ- ηίάάεάύ εό ίεάί- εί ίάάσορ ύ εό	Άεγίάύά ίΌά		ί ίοίφεε ηίάόεάεύίάί ίάύάάί ίάγίά-άίεύ	ίάάόφ άύεά άύδίγίεε (ΑίΝ)		
					εόάοί ίηόύρ	ίεφείε ηόάίάέ άύηίείε	Άγίό, άάάί, Είάάάί ε.ο.ί.		CO <sub>2</sub>	ίγί ίάάγί ίάηίάά όεάίίη				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	Όάάδύάά όεά- ύ εά άά ύ άνωά, ηί ά-εάάά ί ύά άίάίε	3	3	3	2	2	-	2	2	2	2	2	-	-/1
	Όάάδύάά ίάόεά- ύ εά άά ύ άνωά (ίεάηό ί άηή ε άδ.)	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	-	3
	Δάε ί ίάόίε- -άηέά εφάέεύ (ίάόεά ύ εά)	2	2	3	2	2	2	2	3	3	3	2	-	2

Окончание табл. 4.5

1	2	3	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
B	Ἰδαῖαεὐίτῦά ἐ ίάτῶαἰεὐίτῦά ὀαεἰάίάτῶίά (ááτῶáí, ááίτῶί è äð.)	1 (áεῦ ἘÁÆ è ÁÆ ñ T <sub>ááτ</sub> < 90 °C	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
			-	-	-	3	3	3	3	3	3	3	
			1	1	-	3	3	3	3	3	3	3	3
			-/1	-/1	-/1	2	3	3	3	3	3	3	3
C	Ἐνεῖτῶτῦ ἰαῶα- ἱε-άίίί άίάί- ῶαῶάίῶεῖ τῦά è áίάίῶαῶάί- ῶε τῦά	3 (áεῦ ἘÁÆ è ÁÆ ñ T <sub>ááτ</sub> > 90 °C	-/1	-/1	-/1	2	3	3	3	3	3	3	
			-	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3
			-	1	-	2	3	3	3	3	3	3	3
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	Ὀαεἰάίάτῶί- τῦά ááçῦ (τῦά è äð.)	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2	1	
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Áàçú, íàðàçòb- ù èàny ìðè ðààé- òèè áàù àñòàà ñ áíáíé (áòàðèèáí è àð.)	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	2	1
Áíáíðíá	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1
Á*	1	2	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	-
Òàèòóííúá óççú	2	2	1	1	1	1	2	1	3	3	1	1	-
Èààèüíúá ñí- íðòèáíéy	3	3	3	2	2	2	-	1	2	2	1	1	2
Òðáííðíðíà- òíðíúá ííá- íòàíòèè	2	2	2	1	1	1	2	1	3	3	2	2	2
Ýèàèððííèèà	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	-
<b>Í ÁÍ ÐÈÌ ÁÍ Β ÒÛ Í ÐÈ ΟΟÏ ΑÍ ΕΞ</b>	áàù àñòà íí àñí úò òíðíúò, àñòóíá- ù èò áí áçàè ì íáàé- íòàèà ñ áíáíé	áçòúáí- è ì èðí- àñòóíá- òíðíúò, àñòóíá- ù èò áí áçàè ì íáàé- íòàèà ñ áíáíé	áàù àñòà, àñòóíá- áçàè ì íáàéíòàèà ñ áíáíé, áçòúáííí àñí úò è ì èðí- òíðíúò, èàòó-èò àè- éííòàé ñ $T_{\text{èèr}} < 50 \text{ }^\circ\text{C}$	áàù àñòà, ñí íííáíúò è ñàì íáíçáíðàíéò è ðèèáíéò, áí- éíéíèíòúò, ñú íò-èò, ííðèíòúò, òè ì è-áíèè àèòèáíúò ì áòàèèíá, áííáðòóíò ñ áíèüòè ì éíèè-áñòáí ì íàèèò éííòàèòá									

**Í ðèì á-áíé à.**

Íòèìáíáíú ñèàáòòò ù èà íáíçáíá-áíéy: 3 — ííáòíáèò ìòèè-íí; 2 — ííáòíáèò òíðíúò; 1 — ííáòíáèò, íí íáðàéííáíòáòíy; “-” — íá ííáòíáèò; “\*” — ýèàèððííáíòòáíàáíé à íá íáíðýèáíéáí;  $T_{\text{áíí}}$ ,  $T_{\text{èèr}}$  — òáì íáðòòóð ñííòááòíòáííí áñíúò è èèíáíéy.

- серной кислоты, термитов, хлорида титана (сильный экзотермический эффект);
- битума, пероксида натрия, жиров, масел, петролатума (усиление горения в результате выброса, разбрызгивания, вскипания).

Порошки огнетушащие не обеспечивают полного прекращения горения и не должны применяться для тушения:

- горючих материалов, склонных к самовозгоранию и тлению внутри объема вещества (древесные опилки, хлопок, травяная мука, бумага и др.);
- химических веществ и их смесей, пиррофорных и полимерных материалов, склонных к тлению и горению без доступа воздуха.

По результатам проверки исключают ОТВ, которые не могут быть применены на объекте защиты. Проверяют противопоказания к применению ОТВ в зависимости от объема и высоты защищаемого помещения.

## 7.2. Выбор способа пожаротушения

Определяют вероятный способ пожаротушения для выбранных ОТВ по данным НПБ 88–2001\* [22] и табл. 4.6.

Применяют способы пожаротушения по поверхности (локальный по поверхности) или объему (локальный по объему).

Объемный способ пожаротушения обеспечивает создание среды, не поддерживающей горение во всем объеме защищаемого помещения (сооружения). При пожаротушении по поверхности огнетушащее вещество воздействует на горящую поверхность защищаемого помещения (сооружения).

Локальный способ пожаротушения по объему обеспечивает воздействие огнетушащего вещества на часть объема помещения и/или на отдельную технологическую единицу. Локальный способ пожаротушения по поверхности предусматривает воздействие огнетушащего вещества на часть площади помещения и/или на отдельную технологическую единицу.

При выборе способа пожаротушения следует учитывать экранирующее действие конструктивных элементов помещения, которые препятствуют подаче ОТВ непосредственно на поверхность вероятного очага пожара. Например, если технологическое оборудование и площадки, горизонтально или наклонно установленные вентиляционные короба с шириной или диаметром сечения свыше 0,75 м, расположенные на высоте не менее 0,7 м от плоскости пола, препятствуют орошению защищаемой поверхности, то для подачи водопенных ОТВ следует дополнительно устанавливать спринклерные или дренчерные оросители с побудительной системой под площадки, оборудование и короба.



**Виды применяемых ОТВ в зависимости от способа пожаротушения**

Ñî ïîíá ðîøáíèÿ	Ïðåíàíÿíà ÏÒÀ
Ï ï ïááðîííðè	Âíáá ðàíí ùèáí ïáÿ èèè ðí íèððàíí ùèáí ïáÿ, ñ áíááèè à è èèè ááç áíáááèè
	Ïáíà ñðáá íáé èèè íèçèíé èðàðííðè
	Ï ïðí ø íè íáù ááí èèè ñíáðèèèóííáí íàçíà-áíèÿ
Ï ï íáúáí ó	Ïáíà áóííèíé èèè ñðáá íáé èðàðííðè
	Âáçíáúá íáíáððøàù èá ááù áñðáà
	Ï ïðí ø íè íáù ááí íàçíà-áíèÿ
	Ïáíáððøàù èá áÿðíçíèè
Ëíèèèóííúé ï ï ïááðîííðè	Âíáá ðàíí ùèáí ïáÿ èèè ðí íèððàíí ùèáí ïáÿ, ñ áíááèè à è èèè ááç áíáááèè
	Ïáíà ñðáá íáé èèè íèçèíé èðàðííðè
	Ï ïðí ø íè íáù ááí èèè ñíáðèèèóííáí íàçíà-áíèÿ
Ëíèèèóííúé ï ï íáúáí ó	Ïáíà áóííèíé èèè ñðáá íáé èðàðííðè
	Âáçíáúá íáíáððøàù èá ááù áñðáà
	Ï ïðí ø íè íáù ááí íàçíà-áíèÿ

Подача огнетушащих порошков должна обеспечивать равномерное заполнение порошком защищаемого объема или равномерное орошение площади с учетом диаграмм распыла (приведенных в технической документации на модуль). При наличии небольших экранов определяют площадь затенения, т. е. площадь части защищаемого участка, где возможно образование очага возгорания, к которому движение порошка от насадка-распылителя по прямой линии преграждается непроницаемыми для порошка элементами конструкции.

Если суммарная площадь затенения превышает предельные значения, указанные в НПБ 88–2001\* [22], то рекомендуется размещать дополнительные модули для подачи порошка непосредственно в затененной зоне или в положении, исключающем затенение.

Объемный способ пожаротушения рекомендуется применять, если конструктивные элементы объекта существенно экранируют подачу ОТВ непосредственно на поверхность вероятного очага пожара. При этом параметры, характеризующие герметичность защищаемого помещения (параметр негерметичности, степень негерметичности и др.), не должны превышать предельных значений, указанных в НПБ 88–2001\* [22]. Локальные способы пожаротушения (по объему или по поверхности) применяют для тушения

пожаров отдельных агрегатов или оборудования в тех случаях, когда защита помещения в целом с помощью АУПТ технически невозможна или экономически нецелесообразна. При этом учитывают особенности применения локальных способов пожаротушения, в частности:

а) для локального пожаротушения по объему высокократной пеной защищаемые агрегаты или оборудование ограждают металлической сеткой с размером ячейки не более 5 мм. Высота ограждающей конструкции должна быть на 1 м больше высоты защищаемого агрегата или оборудования и находиться от него на расстоянии не менее 0,5 м;

б) локальная защита отдельных производственных зон, участков, агрегатов и оборудования огнетушащим порошком производится в помещениях со скоростью воздушных потоков не более 1,5 м/с или с параметрами, указанными в технической документации на модули порошкового пожаротушения.

### **7.3. Выбор типа установки пожаротушения**

В зависимости от выбранного ОТВ и способа пожаротушения в соответствии с СП 5.13130.2009 [20] выбирают тип установки (водяного, пенного, газового, порошкового или аэрозольного пожаротушения).

Для водопенных установок пожаротушения выбирают вариант установки (спринклерная, дренчерная или роботизированная). Учитывают, что высота помещений, защищаемых спринклерной АУПТ, ограничена и не должна превышать 20 м. В этих случаях, а также для помещений больших производственных площадей и наружных установок рекомендуется применять роботизированные установки пожаротушения.

Выбор спринклерных, дренчерных и роботизированных водяных установок пожаротушения осуществляют в зависимости от температуры воздуха:

- для помещений с минимальной температурой воздуха 5 °С и выше — водозаполненные;
- для неотапливаемых помещений зданий с минимальной температурой ниже 5 °С — воздушные.

# ПОЖАРООПАСНОСТЬ И ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ В РАСЧЕТАХ ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ

**К**олоссальное количество используемой энергии, дающей людям тепло, комфорт, автомобили, может сорваться с тесных оболочек управляемых технологий и превратиться в огненную разрушающую силу. Не допустить этого, а если случилось, то защитить — задачи пожарного дела, которые в настоящее время все чаще решаются с использованием автоматических установок пожаротушения и пожарных роботов.



*Пожароопасность* — это возможность возникновения и развития пожара, характеристика объекта, которую нужно учитывать при принятии соответствующих мер.

*Пожаробезопасность* — это меры, принимаемые на пожароопасных объектах по предупреждению пожара, обнаружению загорания и пожаротушению.

Расчет автоматических систем противопожарной защиты в соответствии с требованиями целевых задач федерального закона <sup>1</sup> 123-ФЗ [30] тесно связан с расчетом времени развития пожара до наступления предельно допустимых значений опасных факторов пожара. В расчет также включают такие оценки и параметры, как категории объекта по пожарной опасности, физико-химические свойства горючих материалов, показатели пожарной нагрузки на объекте и др.

Рассмотрению основных показателей пожароопасности и адекватно противостоящих им мер пожарной безопасности с использованием средств пожарной автоматики посвящены следующие главы книги.

## ГЛАВА 1. Горение

Понятия пожароопасности и пожаробезопасности неразрывно связаны с пониманием сущности химических и физических процессов, которые происходят при возникновении горения и при горении. Знание этих процессов дает возможность успешно бороться с огнем.

### 1.1. Горючие системы

*Горение* — это химическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением большого количества тепла и обычно свечением. Окислителем в процессе горения может быть кислород, а также хлор, бром и другие вещества. В большинстве случаев при пожаре окисление горючих веществ происходит кислородом воздуха. Горение возможно при наличии вещества, способного гореть, окислителя — кислорода (воздуха) и источника зажигания. При этом необходимо, чтобы горючее вещество и кислород находились в определенных количественных соотношениях, а источник зажигания имел необходимый запас тепловой энергии.

Известно, что в воздухе содержится около 21 % кислорода. Горение большинства веществ становится невозможным, когда содержание кислорода в воздухе понижается до 14–18 %, и только некоторые горючие вещества (водород, этилен, ацетилен и др.) могут гореть при содержании кислорода в воздухе 10 % и менее. При дальнейшем уменьшении содержания кислорода горение большинства веществ прекращается.

Горючее вещество и кислород являются реагирующими веществами и составляют горючую систему, а источник зажигания вызывает в ней реакцию горения. Источником зажигания может быть горящее или накалившееся тело, а также электрический разряд, обладающий запасом энергии, достаточным для возникновения горения, и др.

Горючие системы подразделяются на однородные и неоднородные.

*Однородными* являются системы, в которых горючее вещество и воздух равномерно перемешаны друг с другом (смеси горючих газов, паров с воздухом). Горение таких систем называют кинематическим горением. Скорость его определяется скоростью химической реакции, значительной при высоких температурах. При определенных условиях такое горение может носить характер взрыва или детонации.

*Неоднородными* являются системы, в которых горючее вещество и воздух не перемешаны друг с другом и имеют поверхности раздела (твердые горючие материалы и нераспыленные жидкости). В процессе горения неоднородных горючих систем кислород воздуха проникает (диффундирует) сквозь продукты горения к горючему веществу и вступает с ним в реакцию. Такое горение называют диффузионным горением, так как его скорость определя-

ется главным образом сравнительно медленно протекающим процессом — диффузией.

## 1.2. Процессы горения веществ и показатели горения

Для возгорания тепло источника зажигания должно быть достаточным для превращения горючих веществ в пары и газы и для нагрева их до температуры самовоспламенения. По соотношению горючего и окислителя различают процессы горения бедных и богатых горючих смесей. В бедных смесях в избытке содержится окислитель и в недостатке — горючий компонент, а в богатых — наоборот, в избытке горючий компонент и в недостатке — окислитель.

Возникновение горения связано с обязательным самоускорением реакции в системе. Процесс самоускорения реакции окисления с переходом ее в горение называется самовоспламенением. Самоускорение химической реакции при горении подразделяется на три основных вида: тепловой, цепной и комбинированный, или цепочно-тепловой. По тепловой теории процесс самовоспламенения объясняется активизацией процесса окисления с возрастанием скорости химической реакции. По цепной теории процесс самовоспламенения объясняется разветвлением цепей химической реакции. На практике процессы горения протекают преимущественно по комбинированному механизму.

Сгорание различают полное и неполное. При полном сгорании образуются продукты, которые неспособны больше гореть: углекислый газ, сернистый газ, пары воды. Неполное сгорание происходит в том случае, если к зоне горения затруднен доступ кислорода воздуха, в результате чего образуются продукты неполного сгорания (оксид углерода, спирты, альдегиды и др.).

Ориентировочно количество воздуха  $V$  (м<sup>3</sup>), необходимое для сгорания 1 кг вещества (или 1 м<sup>3</sup> газа), составляет:  $V = 0,0012Q$  (где  $Q$  — теплота сгорания, кДж/кг или кДж/м<sup>3</sup>).

Теплота сгорания некоторых веществ составляет: бензина — 47 МДж/кг; древесины воздушно-сухой — 14,6 МДж/кг; ацетилен — 54,4 МДж/м<sup>3</sup>; метана — 39,4 МДж/м<sup>3</sup>; оксида углерода — 12,6 МДж/м<sup>3</sup>. По теплоте сгорания горючего вещества можно определить количество тепла, выделяемого при его сгорании, температуру горения, давление при взрыве в замкнутом объеме и другие данные.

## 1.3. Виды процессов горения

При рассмотрении процессов горения следует различать следующие его виды: вспышка, возгорание, воспламенение, самовоспламенение, самовозгорание, взрыв [31].

*Вспышка* — это быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов.

*Возгорание* — возникновение горения под воздействием источника зажигания.

*Воспламенение* — возгорание, сопровождающееся появлением пламени.

*Возгораемость* — способность возгораться (воспламениться) под воздействием источника зажигания.

*Самовозгорание* — это явление резкого увеличения скорости экзотермических реакций, приводящее к возникновению горения вещества (материала, смеси) при отсутствии источника зажигания.

*Самовоспламенение* — это самовозгорание, сопровождающееся появлением пламени.

*Взрыв* — чрезвычайно быстрое химическое (взрывчатое) превращение вещества, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить механическую работу.

Необходимо понимать, в чем различие между процессами возгорания (воспламенения) и самовозгорания (самовоспламенения). Для того чтобы возникло воспламенение, необходимо внести в горючую систему тепловой импульс, имеющий температуру, превышающую температуру самовоспламенения вещества. Возникновение же горения при температурах ниже температуры самовоспламенения относится к процессу самовозгорания. Горение при этом возникает без внесения источника зажигания, за счет теплового или микробиологического самовозгорания. Тепловое самовозгорание вещества возникает в результате его самонагревания под воздействием скрытого или внешнего источника нагрева. Самовоспламенение возможно только в том случае, если количество тепла, выделяемого в процессе самоокисления, будет превышать отдачу тепла в окружающую среду. Микробиологическое самовозгорание возникает в результате самонагревания под воздействием жизнедеятельности микроорганизмов в массе вещества (материала, смеси).

## ГЛАВА 2. Пожар

Пожар — это неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

### 2.1. Опасные факторы пожара

К опасным факторам пожара, воздействующим на людей и имущество, относятся:

- пламя и искры;
- тепловой поток;

- повышенная температура окружающей среды;
- повышенная концентрация токсичных продуктов горения;
- пониженная концентрация кислорода;
- снижение видимости в дыму.

## 2.2. Классификация пожаров

По признаку изменения площади горения открытые пожары можно разделить на распространяющиеся и нераспространяющиеся, отдельные (в отдельном здании), сплошные (в группе зданий) и массовые (совокупность отдельных и сплошных пожаров). При слабом ветре или при его отсутствии массовый пожар может перейти в огневой шторм. Огневой шторм характеризуется образованием единого гигантского турбулентного факела пламени с мощной конвективной колонкой восходящих потоков продуктов горения и нагретого воздуха и притоком свежего воздуха к границам огневого шторма со скоростью не менее 14–15 м/с.

Закрытые пожары (в ограждениях) можно разделить на два вида — регулируемые воздухообменом и регулируемые пожарной нагрузкой.

По характеру воздействия на ограждения пожары подразделяются на локальные и объемные.

Классификация пожаров по сложности их тушения определяется по рангу (номеру) пожара. Номер (ранг) пожара — это условный признак сложности пожара, определяющий в расписании выезда необходимый состав сил и средств гарнизона, привлекаемых к тушению пожара.

Классификация пожаров по виду горючего материала используется для выбора средств пожаротушения (см. ч. 4, подразд. 7.1 книги). Пожары подразделяются на следующие классы:

**А** — пожары твердых горючих веществ и материалов;

**В** — пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов;

**С** — пожары газов;

**Д** — пожары металлов;

**Е** — пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением;

**Ф** — пожары ядерных материалов, радиоактивных отходов и радиоактивных веществ.

## 2.3. Зоны пожара

Пространство, в котором развивается пожар, условно подразделяется на три зоны:

- горения;

- теплового воздействия;
- задымления.

*Зона горения* — часть пространства, в котором протекают процессы термического разложения или испарения горючих веществ и материалов (твердых, жидких, газов, паров) в объеме диффузионного факела пламени. Горение может быть пламенным (гомогенным) и беспламенным (гетерогенным). При пламенном горении границами зоны горения являются поверхность горящего материала и тонкий светящийся слой пламени (зона реакции окисления), при беспламенном — раскаленная поверхность горящего вещества. Примером беспламенного горения может служить горение кокса, древесного угля, тление, например, войлока, торфа, хлопка и т. д.

*Зона теплового воздействия.* Основной характеристикой разрушительного действия пожара являются повышенные температуры, развивающиеся при горении. Для жилых домов и общественных зданий температуры внутри помещения достигают 800–900 °С. Как правило, наиболее высокие температуры возникают при наружных пожарах и в среднем составляют: для горючих газов — 1200–1350 °С, для жидкостей — 1100–1300 °С, для твердых веществ — 1000–1250 °С. При горении термита, электрона и магния максимальная температура достигает 2000–3000 °С.

Пространство вокруг зоны горения, в котором температура в результате теплообмена достигает значений, оказывающих разрушающее воздействие на окружающие предметы и опасных для человека, называют зоной теплового воздействия. Зона теплового воздействия примыкает к границам зоны горения. Принято считать, что в зону теплового воздействия входит область, в которой температура смеси воздуха и газообразных продуктов сгорания не менее 60–80 °С. В этой части пространства протекают процессы теплообмена между поверхностью пламени, окружающими конструкциями и горючими материалами.

Передача теплоты в окружающую среду осуществляется рассмотренными ранее способами: конвекцией, излучением, теплопроводностью. Нагретые газообразные продукты сгорания устремляются вверх, вызывая приток более плотного холодного воздуха к зоне горения. При пожарах внутри зданий интенсивность газового обмена зависит от размеров и расположения проемов в стенах и перекрытиях, высоты помещений, а также от количества и свойств горящих материалов. Направление движения нагретых продуктов обычно определяет и вероятные пути распространения пожара, так как мощные восходящие тепловые потоки могут переносить искры, горящие угли и головни на значительное расстояние, создавая новые очаги горения. Граница зоны проходит там, где тепловое воздействие приводит к заметному изменению состояния материалов, конструкций и создает условия, невозможные для пребывания людей без средств тепловой защиты.



*Зона задымления.* Выделяющиеся при пожаре продукты сгорания (дым) образуют зону задымления, которая примыкает к зоне горения. Она может включать в себя всю зону теплового воздействия и значительно превышать ее. В состав дыма обычно входят азот, кислород, оксид углерода, углекислый газ, пары воды, а также пепел и другие вещества. Многие продукты полного и неполного сгорания, входящие в состав дыма, обладают повышенной токсичностью, особенно продукты, образующиеся при горении полимеров. Поэтому в зоне задымления невозможно пребывание людей без средств защиты органов дыхания. Границами зоны задымления считаются места, где плотность дыма составляет  $(1\div 6)\cdot 10^{-4}$  кг/м<sup>3</sup>, видимость предметов 6–12 м, концентрация кислорода в дыме не менее 16 % и токсичность газов не представляет опасности для людей, находящихся в задымляемой зоне без средств защиты органов дыхания.

## 2.4. Стадии пожара

Различаются три стадии развития пожара: начальная; основная (развитая); конечная.

*Начальной стадии* соответствует развитие пожара с момента зажигания до момента, когда помещение будет полностью охвачено пламенем. На этой стадии происходит нарастание температуры и снижение плотности газов в помещении. При этом количество удаляемых газов через проемы больше, чем количество поступающего воздуха вместе с перешедшими в газообразное состояние горючими материалами и веществами.

На начальной стадии пожара воздух и продукты горения в помещении увеличиваются в объеме, создается избыточное давление до нескольких десятков паскалей, в результате чего газовая смесь выходит из него через неплотности в стыках строительных конструкций, зазоры в притворах дверей и окон, воздухопроводы и другие отверстия. Горение поддерживается кислородом воздуха, находящимся в помещении, концентрация которого постепенно снижается. Если помещение достаточно изолировано от окружающей среды (например, не нарушено остекление оконных проемов или они вообще отсутствуют, плотно закрыты двери и перекрыты заслонки на воздухопроводах), развитие процесса горения в нем может замедлиться или прекратиться вообще. В противном случае на начальной стадии пожара горение распространяется на значительную площадь помещения; прогреваются конструкции и материалы; среднеобъемная температура в помещении поднимается до 200–300 °С; в дыму возрастает содержание оксида и диоксида углерода; происходит интенсивное дымовыделение и снижается видимость.

В зависимости от объема помещения, степени его герметизации и распределения пожарной нагрузки начальная стадия пожара продолжается 5–40 мин (иногда и больше — до нескольких часов). Однако опасные для

человека условия возникают уже через 1–6 мин. Эта стадия пожара, как правило, не оказывает существенного влияния на огнестойкость строительных конструкций, поскольку температура пока еще сравнительно невелика.

В связи с тем что линейная скорость распространения пламени — величина непостоянная и зависит от множества факторов, а также от стадии развития пожара, при практических расчетах геометрических параметров пожара в расчете сил и средств тушения в первые 10 мин его развития в закрытых помещениях она принимается с коэффициентом 0,5. Уменьшение линейной скорости развития пожара в два раза отражает факт замедления процесса горения на первой стадии.

Основной стадии развития пожара в помещении соответствует повышение среднеобъемной температуры до максимума. На этой стадии сгорает 80–90 % объемной массы горючих веществ и материалов, температура и плотность газов в помещении изменяются во времени незначительно. Данный режим развития пожара называется квазистационарным (установившимся); при этом расход удаляемых из помещения газов приблизительно равен притоку в него воздуха и продуктов пиролиза.

На конечной стадии пожара завершается процесс горения и постепенно снижается температура. Количество уходящих газов становится меньше, чем количество поступающего воздуха.

## 2.5. Тепловой поток

Одним из наиболее опасных факторов пожара является тепловой поток.

В табл. 5.1 и 5.2 [32] приведены значения плотности теплового потока при горении сжиженного углеводородного газа (СУГ) соответственно при его струйном истечении (расход) и при проливе (на площади).

Таблица 5.1

**Значения плотности теплового потока  $q$  при горении СУГ при его струйном истечении**

Данная №, $\frac{m}{h}$	Значения плотности теплового потока $q$ , кВт/м <sup>2</sup> , а также $\frac{m}{h}$ и $\frac{m}{m^2}$ для различных значений $q$ , кВт/м <sup>2</sup>										
	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
1	8,4	4,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2	12,6	6,3	5,6	2,8	–	–	–	–	–	–	–
3	14,0	7,8	7,0	4,2	–	–	–	–	–	–	–
5	–	9,2	8,4	7,0	4,2	–	–	–	–	–	–
7	–	11,1	10,5	8,4	7,8	4,5	1,7	–	–	–	–

Δαῖνδῖα ΝΟΑ, εἰ/ῖ	Çíα-áíεἄ q, εἂΔδ/í <sup>2</sup> , ἄ çàâεῖῆ ì ἱῖῆδè ἰδὸ δαῖνδῖαῖῖῖῖῖῖ ἄἱ δαῖεἄἄ ἱεἄἱἱἱἱἱ, ἱ										
	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
10	–	–	12,6	10,1	9,2	7,0	5,5	2,4	–	–	–
15	–	–	–	13,1	11,9	9,8	7,0	5,9	4,2	–	–
20	–	–	–	–	–	11,9	8,8	7,3	6,3	5,7	4,2

Таблица 5.2

**Значения плотности теплового потока q при горении СУГ при его проливе**

Ἱεἱ ἰδἄἄἄ ἄἱδἄἱἱῖ, ἱ <sup>2</sup>	Çíα-áíεἄ q, εἂΔδ/í <sup>2</sup> , ἱδὸ δαῖνδῖαῖῖῖῖῖ ἰδὸ δῶἱἱἱἱ ἱεἄἱἱἱἱἱ, ἱ				
	2	5	10	15	20
1	3,8	–	–	–	–
2	7,0	4,2	–	–	–
3	11,1	7,0	4,2	–	–
5	14,0	8,1	4,9	2,1	–
7	16,5	9,2	5,5	2,3	–
10	18,0	10,5	6,3	3,1	–
15	20,5	12,6	8,1	3,9	–
20	30,0	24,0	11,1	5,6	2,4
100	75,0	40,0	11,0	6,0	2,8
150	82,0	45,0	14,0	8,0	4,2

Передача теплоты в окружающую среду, осуществляемая излучением, характеризуется интенсивностью теплового излучения. Предельно допустимые интенсивности теплового излучения пожаров проливов ЛВЖ и ГЖ показаны в табл. 5.3 [33].

Таблица 5.3

**Предельно допустимые значения интенсивности теплового излучения пожаров проливов ЛВЖ и ГЖ**

Νῶδἱἱἱἱ ἱἱδἄἄἱἱῖ	Ἰἱδἄἱῖἱἱἱἱἱἱ δἄἱεἱἱἱἱἱ εῖçεῶ-áíῖῖῖ, εἂΔδ/í <sup>2</sup>
Áαç ἱἄἄδἄἱἱ ἰἱ ἱἱἱἄἱἱἱἱἱἱ ἄ δἄ-áíεἄ ἄεἄδἄεἱἱἱἱἱ ἄδἄἱἱἱἱἱ	1,4
Áαç ἱἱἱἱἱἱ ἄεῖῖ ÷ἄεἱἱἱἱἱ ἄ ἄδἄçἄἱἱἱἱἱἱἱ ἱἱἱἱἱἱἱ	4,2

Окончание табл. 5.3

Ñòàíáíú íîðàæáíèÿ	Èíòáííèáííòò ðáíèíáíí èçèó-áíèÿ, êÀð/ì <sup>2</sup>
Íáíáðáííè ìàÿ áíèü ÷áðàç 20–30 ñ; íæíá 1-é ñòáíáíè ÷áðàç 15–20 ñ; íæíá 2-é ñòáíáíè ÷áðàç 30–40 ñ; áíííèàíáíáíèà òèííèà-áíèíèèà ÷áðàç 15 ìèí	7,0
Íáíáðáííè ìàÿ áíèü ÷áðàç 3–5 ñ; íæíá 1-é ñòáíáíè ÷áðàç 6–8 ñ; íæíá 2-é ñòáíáíè ÷áðàç 12–16 ñ	10,5
Áíííèàíáíáíèà áðáááíèíú ñ øáðíîíáàðíé ííááðóííòòð íðè äèèðáèííèè íáéó-áíèÿ 15 ìèí	12,9
Áíííèàíáíáíèà áðáááíèíú, íèðáøáííèè ìáíèÿííè èðáíèíè; áíííèàíáíáíèà ðáíáðú	17,0

### 2.6. Предельное избыточное давление

В результате горения при пожарах в замкнутых помещениях образуется избыточное давление при сгорании газо-, паро- или пылевоздушных смесей. Предельно допустимое избыточное давление при сгорании газо-, паро- или пылевоздушных смесей в помещениях приведено в табл. 5.4 [33].

Таблица 5.4

#### Предельно допустимые значения давления при сгорании газо-, паро- или пылевоздушных смесей в помещениях

Ñòàíáíú íîðàæáíèÿ	Èçáúðí-ííá áááèáíèà, êÏà
Ïíèíá ðàçðóøáíèà çááíèè	100
50 %-ííá ðàçðóøáíèà çááíèè	53
Ñðááíèà ííðáæáíèÿ çááíèè	28
Óíáðáííúá ííðáæáíèÿ çááíèè (ííðáæáíèà íáðááíðíáíè, ðáí, áááðáé)	12
Íæíèè ííðíá ííðáæáíèÿ ÷áíááèà áíèííè áááèáíèÿ	5
Ìáèúá ííðáæáíèÿ (ííðáæáíèà ÷áíèè ííðáèèáíèÿ)	3

### 2.7. Показатели пожарной нагрузки

Пожарная нагрузка — количество теплоты, которое может выделиться в помещение при пожаре.



<p>Ãðîíà ííàùáíéé</p>	<p>Ïàðà-áíü òàðàèòàðíüõ ïíàùáíéé, ïðèççàíàðà, òàðííéíàè-àíèèò ïðîàííà</p>
<p>5</p>	<p>Ñèèàà ñàíàíðàà ï ï àðàðèèíà à ñàíðàà ïé óíàèíà. Ñèèàà òðàííàíðà- à ï ï àðàðèèíà</p>
<p>6</p>	<p>Ñèèàà òàðàèòàðíüõ ñàíðàà ï ï àðàðèèíà, à òí ï òèèà ðàççèó, ðÒÈ, èàò-òèà, ñííèù</p>
<p>7</p>	<p>Ñèèàà èàèíà, èðàííè, ËÀÆ, Æ</p>

### ГЛАВА 3. Показатели пожарной опасности веществ и материалов

На современных производствах нередко используются материалы, смесь которых с воздухом представляет опасность не только пожара, но и взрыва. Это и всевозможные горючие газы, и горючие, легковоспламеняющиеся жидкости. Встречаются производства, технологический цикл которых предполагает наличие пылевидных горючих материалов, быстрое воспламенение которых также может привести к взрыву.

#### 3.1. Паспортные показатели пожарной опасности веществ и материалов

Требованиями пожарной безопасности регламентируется наличие в технической документации (паспорте) на вещества и материалы информации о пожарной опасности веществ и материалов. Обязательными показателями для включения в техническую документацию являются:

- для газов:
  - а) группа горючести;
  - б) температура самовоспламенения;
  - в) концентрационные пределы распространения пламени;
  - г) максимальное давление взрыва;
  - д) скорость нарастания давления взрыва;
- для жидкостей:
  - а) группа горючести;
  - б) температура вспышки;
  - в) температура воспламенения;
  - г) температура самовоспламенения;
  - д) температурные пределы распространения пламени;
- для твердых веществ и материалов:
  - а) группа горючести;

- б) температура воспламенения;
- в) температура самовоспламенения;
- г) коэффициент дымообразования;
- д) показатель токсичности продуктов горения;
- для строительных, текстильных и кожевенных материалов:
  - а) горючесть;
  - б) воспламеняемость;
  - в) способность распространения пламени по поверхности;
  - г) дымообразующая способность;
  - д) токсичность продуктов горения.

### 3.2. Группы горючести

По горючести вещества и материалы подразделяются на следующие группы:

- *негорючие* — вещества и материалы, которые неспособны гореть в воздухе, но могут быть пожаровзрывоопасными (например, окислители или вещества, выделяющие горючие продукты при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом);
- *трудногорючие* — вещества и материалы, способные гореть в воздухе при воздействии источника зажигания, но неспособные самостоятельно гореть после его удаления;
- *горючие* — вещества и материалы, способные самовозгораться, а также возгораться под воздействием источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

По горючести строительные материалы подразделяются на *горючие* (Г1, Г2, Г3, Г4) и *негорючие* (НГ).

### 3.3. Воспламеняемость горючих строительных материалов

По воспламеняемости горючие строительные материалы (в том числе напольные ковровые покрытия) в зависимости от критической поверхностной плотности теплового потока подразделяются на следующие группы:

- *трудновоспламеняемые* (В1) — более 35 кВт/м<sup>2</sup>;
- *умеренновоспламеняемые* (В2) — не менее 20, но не более 35 кВт/м<sup>2</sup>;
- *легковоспламеняемые* (В3) — менее 20 кВт/м<sup>2</sup>.

### 3.4. Скорость распространения пламени по поверхности

По скорости распространения пламени по поверхности горючие строительные материалы в зависимости от критической поверхностной плотности теплового потока подразделяются на следующие группы:

- *нераспространяющие* (РП1) — более 11 кВт/м<sup>2</sup>;
- *слабораспространяющие* (РП2) — не менее 8, но не более 11 кВт/м<sup>2</sup>;
- *умереннораспространяющие* (РП3) — не менее 5, но не более 8 кВт/м<sup>2</sup>;
- *сильнораспространяющие* (РП4) — менее 5 кВт/м<sup>2</sup>.

### 3.5. Температура самовоспламенения

Температура самовоспламенения является важной характеристикой горючего вещества. Это самая низкая температура вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся возникновением пламенного горения. Температуры самовоспламенения некоторых жидкостей, газов и твердых веществ, имеющих применение в машиностроительной промышленности, приведены в табл. 5.6.

Таблица 5.6

**Температура самовоспламенения некоторых жидкостей, газов и твердых веществ**

Ааùãñðáî	Òàì ããðàððððà ñàì íáîñ- íèàìáíáíèý, °Ñ	Ãàùãñðáî	Òàì ããðàððððà ñàì íáîñ- íèàìáíáíèý, °Ñ
Ôîñðîð ááèùé	20	Àðàðèèáí	406
Ñáðíðáèãððá	112	Ýðèèíáùé ñíèðð	421
Õàèèðèèèà	140–180	Ãðáááñíùé óáíèù	450
Ñáðíáíáíðíá	246	Íèððíááíçíè	482
Ìáñèà íáððýíùá	250–400	Ãíáíðíá	530
Ëáðíñèí	250	Àðáðíí	612
Ãáíçèí À-76	255	Ãáíçíè	625
Ìàçòðù	380–420	Íèñèà óáèãððá	644
Ëàìáííùé óáíèù	400	Ëíèñ	700

## ГЛАВА 4. Категории зданий, сооружений и помещений по пожарной и взрывопожарной опасности

По пожарной и взрывопожарной опасности помещения производственного и складского назначения подразделяются на категории:

- повышенной взрывопожароопасности (А);
- взрывопожароопасные (Б);
- пожароопасные (В1–В4);
- умеренной пожароопасности (Г);



- пониженной пожароопасности (Д).

Помещения категорий А, Б, В1, В2 и В3 оснащаются установками автоматического пожаротушения.

Категории помещений по пожарной и взрывопожарной опасности определяются исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также объемно-планировочных решений и указываются в проектной документации [34]. Методы определения категорий помещений по пожарной и взрывопожарной опасности устанавливаются нормативными документами по пожарной безопасности.

#### **4.1. Категория взрывопожарной опасности А**

К категории А относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в количествах, при которых могут образовываться взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении более 5 кПа, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в количествах, при которых расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.

#### **4.2. Категория взрывопожарной опасности Б**

К категории Б относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в количествах, при которых могут образовываться взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении более 5 кПа.

#### **4.3. Категория пожароопасности В1–В4**

К категориям В1–В4 относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б. Отнесение помещения к категории В1, В2, В3 или В4 осуществляется в зависимости от количества и способа размещения пожарной нагрузки в указанном помеще-

нии и его объемно-планировочных характеристик, а также от пожароопасных свойств веществ и материалов, составляющих пожарную нагрузку.

## ГЛАВА 5. Классификация пожароопасных и взрывоопасных зон

Классификация пожароопасных и взрывоопасных зон применяется для выбора электротехнического и другого оборудования по степени их защиты, обеспечивающей их пожаровзрывобезопасную эксплуатацию в указанной зоне.

### 5.1. Пожароопасные зоны

Пожароопасные зоны подразделяются на следующие классы:

**П-I** — зоны в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки  $61\text{ }^{\circ}\text{C}$  и более;

**П-II** — зоны в помещениях, в которых выделяются горючие пыли или волокна;

**П-IIa** — зоны в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества с удельной пожарной нагрузкой не менее  $1\text{ МДж/м}^2$ ;

**П-III** — зоны вне зданий, сооружений, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки  $61\text{ }^{\circ}\text{C}$  и более или любые твердые горючие вещества.

### 5.2. Взрывоопасные зоны

В зависимости от частоты и длительности присутствия взрывоопасной смеси взрывоопасные зоны подразделяются на следующие классы:

**0** — зоны, в которых взрывоопасная смесь газов или паров жидкостей с воздухом присутствует постоянно или хотя бы в течение  $1\text{ ч}$ ;

**1** — зоны, в которых при нормальном режиме работы оборудования выделяются горючие газы или пары легковоспламеняющихся жидкостей, образующие с воздухом взрывоопасные смеси;

**2** — зоны, в которых при нормальном режиме работы оборудования не образуются взрывоопасные смеси газов или паров жидкостей с воздухом, но возможно образование такой взрывоопасной смеси газов или паров жидкостей с воздухом только в результате аварии или повреждения технологического оборудования;

**20** — зоны, в которых взрывоопасные смеси горючей пыли с воздухом имеют нижний концентрационный предел воспламенения менее  $65\text{ г/м}^3$  и присутствуют постоянно;

**21** — зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна, способные образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при концентрации  $65 \text{ г/м}^3$  и менее;

**22** — зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования не образуются взрывоопасные смеси горючих пылей или волокон с воздухом при концентрации  $65 \text{ г/м}^3$  и менее, но возможно образование такой взрывоопасной смеси горючих пылей или волокон с воздухом только в результате аварии или повреждения технологического оборудования.

## **ГЛАВА 6. Классификация электрооборудования по пожаровзрывоопасности**

Классификация электрооборудования по пожаровзрывоопасности используется с целью определения области его безопасного применения и соответствующей этой области маркировки электрооборудования, а также требований пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования.

В зависимости от степени пожаровзрывоопасности электрооборудование подразделяется на следующие виды:

- электрооборудование без средств пожаровзрывозащиты;
- пожарозащищенное электрооборудование (для пожароопасных зон);
- взрывозащищенное электрооборудование (для взрывоопасных зон).

Под степенью пожаровзрывоопасности и пожарной опасности электрооборудования понимается опасность возникновения источника зажигания внутри электрооборудования и (или) опасность контакта источника зажигания с окружающей электрооборудование горючей средой. Электрооборудование без средств пожаровзрывозащиты по уровням пожарной защиты и взрывозащиты не классифицируется.

### **6.1. Классификация пожарозащищенного электрооборудования**

Электрооборудование, применяемое в пожароопасных зонах, классифицируется по степени защиты от проникновения внутрь воды и внешних твердых предметов, обеспечиваемой конструкцией этого электрооборудования. Классификация пожарозащищенного электрооборудования и маркировка степени защиты оболочки электрооборудования осуществляются при помощи международного знака защиты (IP) и двух цифр, первая из которых означает защиту от попадания твердых предметов, вторая — от проникновения воды.

## 6.2. Классификация взрывозащищенного электрооборудования

Взрывозащищенное электрооборудование классифицируется по уровням и видам взрывозащиты, группам и температурным классам.

Взрывозащищенное электрооборудование по *уровню взрывозащиты* подразделяется на следующие виды:

- **уровень 0** — особо взрывобезопасное электрооборудование — взрывобезопасное электрооборудование с дополнительными средствами взрывозащиты;
- **уровень 1** — взрывобезопасное электрооборудование, обеспечивающее взрывозащиту как при нормальном режиме работы оборудования, так и при повреждении, за исключением повреждения средств взрывозащиты;
- **уровень 2** — электрооборудование повышенной надежности против взрыва, обеспечивающее взрывозащиту только при нормальном режиме работы оборудования (при отсутствии аварий и повреждений).

Взрывозащищенное электрооборудование по *виду взрывозащиты* подразделяется на оборудование, имеющее:

- взрывонепроницаемую оболочку (**d**);
- заполнение или продувку оболочки под избыточным давлением защитным газом (**p**);
- искробезопасную электрическую цепь (**i**);
- кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями (**q**);
- масляное заполнение оболочки с токоведущими частями (**o**);
- специальный вид взрывозащиты, определяемый особенностями объекта (**s**);
- любой иной вид защиты (**e**).

Взрывозащищенное электрооборудование по *допустимости применения* в зонах подразделяется на оборудование:

- с промышленными газами и парами (группа II с подгруппами IIА, IIВ, IIС);
- с рудничным метаном (группа I).

В зависимости от *наибольшей допустимой температуры поверхности* взрывозащищенное электрооборудование группы II подразделяется на следующие температурные классы:

- **T1** — 450 °С;
- **T2** — 300 °С;
- **T3** — 200 °С;
- **T4** — 135 °С;
- **T5** — 100 °С;
- **T6** — 85 °С.

Взрывозащищенное электрооборудование должно иметь соответствующую маркировку, которая должна наноситься в приведенной ниже последовательности:

- знак уровня взрывозащиты электрооборудования (2, 1, 0);
- знак, относящий электрооборудование к взрывозащищенному (Ex);
- знак вида взрывозащиты (d, p, i, q, o, s, e);
- знак группы или подгруппы электрооборудования (I, II, III, IV, V);
- знак температурного класса электрооборудования (T1, T2, T3, T4, T5, T6).

## ГЛАВА 7. Определение расчетной площади пожара

Расчет площади развития пожара обусловлен требованиями к автоматическим установкам пожаротушения по срабатыванию в течение времени, не превышающего длительности начальной стадии развития пожара (критического времени свободного развития пожара), выбору оптимальной инерционности и необходимой интенсивности орошения.

Расчетная площадь пожара должна быть меньше расчетной площади орошения (с учетом длительности цикла для РУП), на которую воздействует АУП при нормируемой интенсивности орошения.

Площадь пожара для горючих и легковоспламеняющихся жидкостей принимается равной площади размещения жидкостей или площади аварийного разлива.

Площадь пожара при свободном горении твердых горючих и трудногорючих материалов вычисляют для первой фазы начальной стадии пожара по упрощенной формуле:

$$F_{\text{п}} = \pi(vt)^2 \leq F, \quad (5.1)$$

где  $v$  — линейная скорость распространения по поверхности материала пожарной нагрузки, м/с;

$t$  — текущее время, с;

$F$  — площадь, занимаемая пожарной нагрузкой, м<sup>2</sup>.

Количество приведенной пожарной нагрузки  $g$  вычисляют по формуле

$$g = \sum_{i=1}^n g_i, \quad (5.2)$$

где  $g_i$  — количество приведенной пожарной нагрузки, состоящей из  $i$ -го горючего и трудногорючего материала.

Значение  $g_i$  вычисляют по формуле

$$g_i = g_{mi} \frac{Q_{Hi}^p}{13,8}, \quad (5.3)$$

где  $g_{mi}$  — количество горючего и трудногорючего  $i$ -го материала на единицу площади, кг/м<sup>2</sup>;

$Q_{Hi}^p$  — теплота сгорания  $i$ -го материала, МДж.

Минимальную продолжительность начальной стадии пожара в помещении определяют в зависимости от объема и высоты помещения и количества приведенной пожарной нагрузки [35] (рис. 5.1 и 5.2).

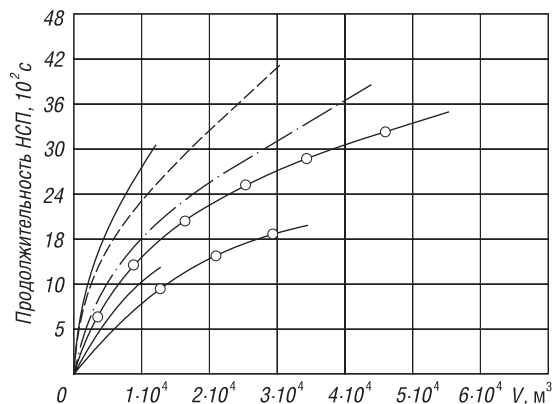


Рис. 5.1. Зависимость минимальной продолжительности начальной стадии пожара (НСП) в помещении от его объема  $V$  и высоты  $H$  и пожарной нагрузки  $g$ :

- — — —  $H = 6,6$  м; 1 —  $g = 2,4 \div 14$  кг/м<sup>2</sup>; 2 —  $g = 67 \div 110$  кг/м<sup>2</sup>; 3 —  $g = 640$  кг/м<sup>2</sup>;
- · - · - · -  $H = 7,2$  м; 1 —  $g = 60 \div 66$  кг/м<sup>2</sup>; 2 —  $g = 82 \div 155$  кг/м<sup>2</sup>; 3 —  $g = 200$  кг/м<sup>2</sup>;
- — ○ — ○ —  $H = 8$  м; 1 —  $g = 60$  кг/м<sup>2</sup>; 2 —  $g = 140 \div 160$  кг/м<sup>2</sup>; 3 —  $g = 210 \div 250$  кг/м<sup>2</sup>;
- — — —  $H = 4,8$  м;  $g = 169 \div 70$  кг/м<sup>2</sup>

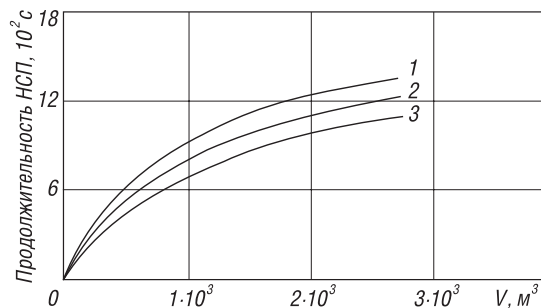


Рис. 5.2. Зависимость минимальной продолжительности начальной стадии пожара (НСП) в помещении от его объема  $V$  и высоты: 1 —  $H = 3$  м; 2 —  $H = 6$  м; 3 —  $H = 12$  м

Время минимальной продолжительности начальной стадии пожара должно быть больше времени начала подачи ОТВ от АУП.

## ГЛАВА 8. Пожаробезопасность

Пожаробезопасность объектов характеризуется принятием мер пожарной безопасности на пожаровзрывоопасных объектах. Эти меры закладываются

ются еще на этапе проектирования объекта. К ним относится соблюдение общестроительных требований пожарной безопасности, оборудование зданий автоматической пожарной сигнализацией и автоматическими установками пожаротушения.

Выбор строительных материалов, конструкций, помещений, зданий, элементов и частей зданий производится по их пожарной опасности, т. е. свойствам, обуславливающим возникновение опасных факторов пожара (ОФП), и по огнестойкости, т. е. свойству сопротивляемости воздействию ОФП.

Пожарная опасность строительных материалов определяется следующими пожарно-техническими характеристиками: горючестью, воспламеняемостью, распространением пламени по поверхности, дымообразующей способностью и токсичностью.

Строительные материалы по горючести устанавливаются по ГОСТ 30244–94 [36], воспламеняемости — по ГОСТ 30402–96 [37], распространению пламени по поверхности — по ГОСТ Р 51032–97 [38], дымообразующей способности — по ГОСТ 12.1.044–89 [31], токсичности продуктов горения — по ГОСТ 12.1.044–89 [31].

Строительные конструкции характеризуются огнестойкостью и пожарной опасностью. Показателем огнестойкости является предел огнестойкости. Пожарную опасность конструкции характеризует класс ее пожарной опасности. Предел огнестойкости строительных конструкций устанавливается по времени (в минутах) наступления одного или последовательно нескольких, нормируемых для данной конструкции признаков предельных состояний:

- потери несущей способности (R);
- потери целостности (E);
- потери теплоизолирующей способности (I).

Пределы огнестойкости строительных конструкций и их условные обозначения устанавливаются по ГОСТ 30247.0–94 [39], класс пожарной опасности строительных конструкций — по ГОСТ 30403–96 [40].

Противопожарные преграды предназначены для предотвращения распространения пожара и продуктов горения из помещения или пожарного отсека с очагом пожара в другие помещения. К противопожарным преградам относятся противопожарные стены, перегородки и перекрытия. Противопожарные преграды также характеризуются огнестойкостью и пожарной опасностью.

Для противопожарной защиты при появлении возгораний в соответствии с НПБ 110–96 [41] и СП 5.13130.2009 [20] пожаровзрывоопасные объекты оборудуются автоматической пожарной сигнализацией и автоматическими установками пожаротушения.

В качестве АУП применяются спринклерные и дренчерные установки водяного и пенного пожаротушения, установки газового и порошкового пожаротушения, роботизированные установки пожаротушения (РУП) [20].

РУП [42] и стационарные установки на базе лафетных стволов с ручным и дистанционным управлением применяются для защиты высокопролетных сооружений больших площадей и наружных объектов нефтяной и газовой промышленности [28], спортивно-зрелищных комплексов, ангаров для самолетов.

Обеспечение мер пожарной безопасности с применением ствольной техники и РУП с учетом пожароопасности объектов и пожароопасных материалов предусматривается на стадии проектирования объектов. Основные сведения о ствольной технике и ПР приведены в ч. 7 и 8, а их применение для защиты объектов — в ч. 9 и 10 настоящей книги.



**Р**учные стволы — основное оружие пожарных, с которым они идут в бой с огнем. Ввиду многообразия ситуаций, стихийно возникающих на пожарах, ручные стволы должны быть эффективными, многофункциональными, экономичными, с широким спектром струй и диапазонов расхода [30]. Этим требованиям отвечают универсальные стволы «нового поколения» с регулируемым расходом и стволы-автоматы с регулируемым расходом при перепадах давления, которые позволяют формировать широкий спектр водяных и пенных, сплошных и распыленных струй и изменять расход и углы распыления в широких диапазонах. Такие стволы уже широко используются европейскими и американскими пожарными. В России они также приходят на смену пожарным стволам с гладкоствольными насадками, формирующими сплошные струи.



## ГЛАВА 1. Основные технические данные отечественных и импортных стволов

К наиболее известным отечественным стволам, до сих пор стоящим на вооружении, можно отнести ручные стволы типа РС-50, РС-70, РСР-50, РСР-70, РСР-70, РСР-70, РСР-70, РСР-70, СВР, СВРЭ, ОРТ-50, ОРТ-50А. Их общий вид и технические показатели приведены в табл. 6.1.

Как видно из табл. 6.1, стволы РС-50 и РС-70 формируют только сплошные водяные струи при фиксированных расходах соответственно 3,6 и 7,4 л/с. Перекрывные стволы РСР-50, РСР-50, РСР-70, РСР-70 формируют сплошные и распыленные водяные струи (с углом факела до 40°) при фиксированных расходах соответственно 2,7 и 7,4 л/с, а ствол РСР-70 имеет, кроме того, дополнительный защитный экран 120°. Стволы СВР

Таблица 6.1

Технические показатели ручных стволов типа РС, РСЦ, РСКЗ, СВПЭ, ОРТ

Í íεáçáðáεù	ĐÑ-50	ĐÑ-70	ĐÑÍ-50	ĐÑÉ-50	ĐÑÍ-70	ĐÑÉÇ-70	ÑÁÍÝ-2	ÑÁÍÝ-4	ÑÁÍÝ-8	ÑÁÍĐ	ÍĐ0-50; ÍĐ0-50A
Áíáø íεé áεä											
Óñēíáíúé íðí- õíä, ì ì	50	70	50	50	70	70	50	70	80	50	50
Đàáí-áá ááäéä- íεä, Ì Ìä	0,4-0,6	0,4-0,6	0,4-0,6	0,4-0,6	0,4-0,6	0,4-0,6	0,6	0,6	0,6	0,4-0,6	0,4-0,8
Đäñõíä íðē 0,4 Ì Ìä, ε/ñ: áíäù ðäñõáíðä íä- ííáðáçíáä- ðäéý	3,6	7,4	2,7	2,7	7,4	7,4	4	7,9	16	4,8	2,7
Đäñõíä áíäù íä áíäýíóð çäáá- ñó, ε/ñ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8	2,7
Ä ä é ü í ñ ò ü ñòððé, ì: ñíēíøíé ðäñí üéáííé (óáíé 40°) íáííé	28	32	30	30	32	32	-	-	-	-	-
	-	-	11	11	15	15	15	18	20	24	11
	-	-	-	-	-	-	15	18	20	22	18

Óàíë ðàíí ù- éàííé ñòðòè, àðàà	-	40	40	40	40	40	40	40	-	-	-	-	60
Óàíë òàèàèà âíàýíé çàà- ñù, àðàà, íà íà- íàà	-	-	-	120	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Àèàì àòð òàèà- éà âíàýíé çà- ààñù, ì	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
É í èè ÷ àñòàí ýçàéòèòóàí íàí íàí íàðàç íàà- òàèý, %	-	-	-	-	-	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	-	-
Éòòòííòù íà- í ù	-	-	-	-	-	8	8	8	8	25±10	-	9	-
Àèèà, ì	265	350	360	390	430	450	474	574	710	842	700	530	-
Ì àñà, éà, íà àíèàà	0,7	1,45	1,95	2,8	3,00	2,3	2,8	4,0	2,5	1,7	-	-	-

и СВПЭ формируют пенные струи, а стволы СВПЭ снабжены также устройством эжектирования пенообразователя. Стволы ОПТ-50 формируют сплошные и распыленные водяные струи (с углом факела до 60°) при фиксированном расходе 2,7 л/с и имеют дополнительные защитный экран 120° и пенный насадок. Приведенные показатели свидетельствуют об ограниченных возможностях этих стволов.

В табл. 6.2 представлены технические показатели универсальных стволов нового поколения известных зарубежных фирм.

Таблица 6.2

**Технические показатели пожарных ручных стволов  
зарубежного производства**

Ï îèàçàððàèü	TFT, Ñ Ø À			r. Pons, Ôðàíòèÿ	
	QUADRÀFOG 125-RU FQS125PL	HANDLINE-RU HL-3VPGI	Ultimatic BGH-125	OPTRAPONS 500 R	OPTRAPONS 1000 RM
Áíáø íèè àèä					
Óñèíáíúé îðí- òíä, ì ì	50	80	50	50	80
Ðàáí÷-ää äàáèä- íèä, Ì Íä	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6
Ðàñòíä áíäü, è/ñ	1,9; 3,8; 6,0; 7,8	6,0–15,8	0,63–8,0	2,1; 4,2; 6,2; 8,3	4,2; 8,3; 12,5; 16,6
Óáíè ðàèèèä ðàñíúèäííé ñòðòè, àðää	–	Î ð 0 äí 120	Î ð 0 äí 120	Î ð 0 äí 120	Î ð 0 äí 120
Äàèüííñü ïí- ää÷è ñòðòè, ì: áíäÿííé íáííé	46 40	50 45	40 36	40 36	50 45
Ì àññà, èä, íá áíèää	1,6	3,4	1,5	2,4	4,6

Приведенные в табл. 6.2 стволы предназначены для получения сплошной и распыленной струй воды или водных растворов пенообразователя. Они эффективно защищают ствольщика посредством защитного водяного экрана. Стволы перекрывные, имеют режим промывки для быстрого удале-

ния попавшей в ствол грязи без отсоединения рукава и дополнительно комплектуются быстросъемными пенными насадками для получения пены низкой и средней кратности. К пожарным стволам с регулируемым расходом относятся ручные стволы типа QUADRAFOG-RU FQS125PL фирмы «TFT» (США) с расходами 1,9; 3,8; 6,0; 7,8 л/с; типа OPTRAPONS 500 R и OPTRAPONS 1000 R фирмы «г. Pons» (Франция) с расходами 2,1; 4,2; 6,2; 8,3 л/с и 4,2; 8,3; 12,5; 16,6 л/с соответственно. В табл. 6.2 представлены также ручные автоматические стволы типа Ultimatic-RU BGH-125 и HANDLINE-RU HL-3VPGI фирмы «TFT» (США) с диапазоном автоматической регулировки расхода 0,63–8,0 и 6,0–15,8 л/с соответственно. Стволы типа OPTRAPONS 1000 R и HANDLINE-RU HL-3VPGI наиболее производительные и могут использоваться с пожарными рукавами диаметром 77 мм.

## **ГЛАВА 2. Универсальные стволы РСКУ отечественного производства**

В России серийный выпуск универсальных стволов нового поколения начат с 2008 г. на Заводе пожарных роботов Инженерного центра пожарной робототехники «ЭФЭР» [43].

Различные модификации этих ручных универсальных стволов входят в общую группу стволов серии РСКУ, технические показатели которых приведены в табл. 6.3.

Ручные стволы РСКУ независимо от конструктивного исполнения и модификации позволяют формировать широкий спектр сплошных или распыленных струй воды и пены в большом диапазоне регулирования расходов и с изменяемым углом факела струи. Один такой ручной ствол может выполнять функции водяных стволов типа А и Б, в том числе перекрывных, с возможностью формирования защитной завесы, а также воздушно-пенных стволов без дополнительной переоснастки пожарного оборудования. Головка ствола имеет специальный фигурный профиль, обеспечивающий полноценное распыление. Специальный переключатель на корпусе позволяет последовательно устанавливать расход ОТВ — 2, 4 и 8 л/с, а также задавать режим промывки канала ствола. При этом достигается повышенная дальность формируемых струй. При номинальном рабочем давлении 0,4 МПа пожарный ствол РСКУ обеспечивает возможность получения мелкодисперсной струи воды с малым расходом, что значительно снижает пролив воды по этажам, устраняет задымленность помещений и делает данный ствол незаменимым при тушении пожаров в жилом секторе.

Стволы серии РСКУ применяются для тушения пожаров и ликвидации последствий аварийных ситуаций при горении ядовитых веществ с образованием токсичных продуктов, охлаждения строительных и технологических

конструкций, осаднения облаков ядовитых или радиоактивных газов, паров и пыли.

Таблица 6.3

**Технические показатели ручных стволов серии РСКУ**

Í íeáçaðáeü	ĐÑÊÓ-50À	ĐÑÊÓ-70À	ĐÑÊÓ-50À-À Ĩ	ĐÑÊÓ-70À-À Ĩ	ĐÑÊÓ-50	ĐÑÊÓ-50Àý
Óñeíáíúé ĩðíðíä, ì ì	50	70	50	70	50	50
Í ĩ è íæüííä ääâ- eáíeä, Ĩ Ĩä	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Đááí-ää ääâeáíeä, Ĩ Ĩä	0,4-0,6	0,4-0,6	0,3-0,7	0,3-0,7	0,3-0,6	0,4-0,6
Đañõíä ĩðè 0,4 Ĩ Ĩä, e/ñ: áíäü ðañõáíðä íáíííá- ðaçíäðäeý	2; 4; 8 2; 4; 8	6; 9; 12; 15 6; 9; 12; 15	2-8 2-8	4-15 4-15	2-6 2-6	2; 4; 8 -
Ääeüííñü ñððóé íí èðáéíè èáíëýì ĩðè 0,4 Ĩ Ĩä, ì, íä ì áíáä: ñíëíø ííé ðañíúeáííé (óãíè 40°) íáííé	35 18 25	45 20 26	35 18 25	45 20 26	30 11 18	32 12 25
Äèäíaçíí óäèä ðà- eáèä ðañíúeáííé ñððóè, äðää	0-120	0-120	0-120	0-120	0-120	0-120
Äèäíäðð ðàèáèä çà- ù èðííé çàáññü, ì, íä ì áíáä	6	6	6	6	3,5	6
Êðäðííñü íáíú, íä ì áíáä	9	9	9	9	9	9
Êíèè-ññóáí ýæáè- ðèðóáí íáí íáíííá- ðaçíäðäeý, %	-	-	-	-	-	1; 3; 6
Êèèìäðè-ññeíá èñííeíáíeä íí Á Ĩ Ñ 15150	Ó1; ÓÖÈ 1.1, Ĩ Ĩ		Ó1; ÓÖÈ 1.1, Ĩ Ĩ		Ó1; ÓÖÈ 1.1; Ĩ Ĩ	
Äèèä, ì ì, íä áíeää	290	320	290	320	290	220
Ì äññà, èä, íä áíeää	2,5	2,5	2,5	2,5	0,7	2,5

В серию РСКУ входят следующие типы стволов:

- РСКУ-50А — ручной ствол комбинированный универсальный, с условным проходом Ду 50, регулируемым расходом 2,0; 4,0; 8,0 л/с;
- РСКУ-70А — то же, но повышенной производительности, с условным проходом Ду 70, регулируемым расходом 6,0; 9,0; 12; 15 л/с и возможностью использования пожарных рукавов диаметром 77 мм;
- РСКУ-50А-АП «Автомат пожарного» — ручной ствол-автомат, с условным проходом Ду 50, автоматическим регулированием расхода в диапазоне 2,0–8,0 л/с для поддержания оптимальной струи при изменении давления;
- РСКУ-70А-АП «Автомат пожарного» — то же, но повышенной производительности, с условным проходом Ду 70, регулируемым расходом в диапазоне 4,0–15 л/с;
- РСКУ-50 — облегченный комбинированный универсальный ствол упрощенной конструкции, с условным проходом Ду 50, регулируемым расходом 3,0–6,0 л/с;
- РСКУ-50Аэ — ручной ствол комбинированный универсальный с эжектирующим устройством для дозированной подачи пенообразователя, с условным проходом Ду 50, регулируемым расходом 2,0; 4,0; 8,0 л/с.

Стволы сертифицированы на соответствие техническим требованиям ГОСТ Р 53331–2009 [44] и ТУ 4854-004-16820082–08.

По требованию заказчика стволы могут поставляться с дополнительными генераторами пены низкой и средней кратности, а также с картриджами для получения смачивающего раствора.

### ГЛАВА 3. Ручные стволы комбинированные универсальные с регулируемым расходом типа РСКУ-50А и РСКУ-70А

Ручные стволы комбинированные универсальные с регулируемым расходом типа РСКУ-50А (рис. 6.1) и РСКУ-70А являются базовыми стволами в серии РСКУ. Они имеют существенные отличия от известных аналогов. Новизна технических решений подтверждена патентом <sup>1</sup> 2371222\*. В данном устройстве механизмы перекрытия потока и регулировки расхода выполнены в виде



Рис. 6.1. РСКУ-50А

\* Идәһәт <sup>1</sup> 2371222 ға җәһәтләгән «Әб-һе һәәһиә һәһә» ғә 04.05.2008 ғ. һәһә. 27.10.2009 ғ. Һә. <sup>1</sup> 30.

единого органа, что позволяет исключить целый перекрывной узел, упростить конструкцию, уменьшить габаритные размеры и массу, повысить оперативность управления, сгладить реакцию струи на ствольщика.

### 3.1. Устройство ствола РСКУ-50А

На рис. 6.2 представлен чертеж общего вида пожарного ручного ствола.

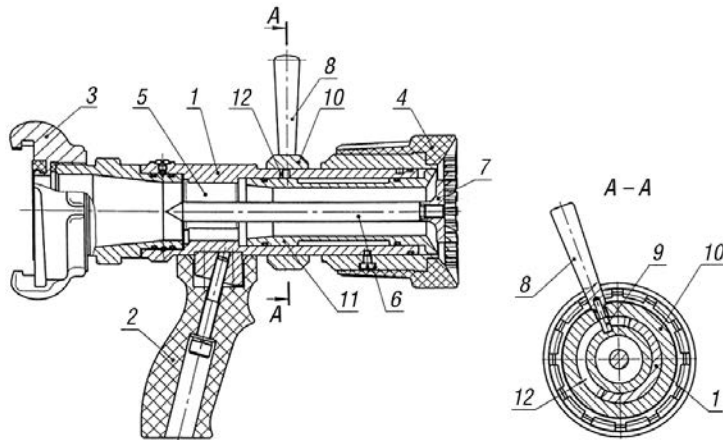


Рис. 6.2. Схема пожарного ручного ствола типа РСКУ-50А

Устройство включает в себя корпус *1* с рукояткой *2*; шарнирно установленную на входе корпуса *1* муфтовую головку *3*, а на выходе корпуса *1* — поворотную головку регулирования угла распыления *4*; установленный внутри корпуса водоуспокоитель *5*, соединенный штоком *6* с тарельчатым клапаном *7*; механизм перекрытия потока и регулировки расхода, который включает в себя рукоятку *8* и ролик *9*, установленные на кольце *10*, соединенные с втулкой расхода *11* через направляющую канавку *12*, нарезанную в корпусе *1*. На корпусе *1* вдоль канавки указано положение рукоятки *8* «Закрото», при котором ствол перекрыт, и значения расхода (в л/с) при открытом клапане *7* (например, «2», «4», «8»).

### 3.2. Подготовка к работе и работа изделия

Ручной пожарный ствол при подготовке к работе муфтовой головкой *3* присоединяется к соединительной головке пожарного рукава. Перед подачей воды рукоятка *8* устанавливается в положение «Закрото», указанное на корпусе *1*. При подаче воды (пены) под давлением ствол держат за рукоять



2; при этом при повороте пожарного рукава, благодаря шарнирному соединению муфтовой головки 3, вращательный момент на рукоятку 8 не передается. При тушении ствол направляется на зону горения. Вращением рукоятки 8 производится подача струи в зону горения и одновременно устанавливается необходимый расход воды (пены). При вращении рукоятки 8 вместе с кольцом 10 и роликом 9 происходит вращательно-поступательное движение втулки расхода 11, соединенной с роликом 9, по направляющей канавке 12, и открывается кольцевой щелевой зазор между втулкой расхода 11 и тарельчатым клапаном 7. Величина этого зазора определяет расход воды (пены) на выходе из ствола. Увеличение расхода происходит не скачкообразно, а с плавным нарастанием, регулируемым самим ствольщиком с помощью рукоятки 2, во избежание резкой отдачи от реакции струи, особенно ощутимой при больших расходах. Вращением поворотной головки 4 устанавливается форма струи — от прямой до защитного экрана (под углом 120°).

### 3.3. Функциональные и качественные показатели РСКУ-50А

Пожарный ствол РСКУ-50А — ствол нормального давления, с регулируемым расходом и изменяемой геометрией струи.

Ствол формирует сплошную и распыленные (с изменяемым углом факела) струи воды, защитный водяной экран, пенные струи с кратностью не менее 9 (без дополнительной комплектации пенным насадком) и с кратностью более 9 (с пенным насадком-пеногенератором), а также обеспечивает перекрытие потока огнетушащего вещества (ОВ).

Регулировка геометрии струи (см. рис. 6.2) осуществляется поворотной головкой — от сплошной струи до защитного экрана (с максимальным углом факела 120°). Кольцо регулировки расхода 10, оснащенное рукояткой 8, обеспечивает возможность быстрого изменения расхода огнетушащего вещества от 2 до 8 л/с. При этом ствол формирует качественные струи на выходе из насадка во всех режимах работы, включая формирование мелкодисперсных струй воды при малых расходах, как при нормальном давлении, так и в зоне пониженных давлений.

Благодаря оптимизированной конфигурации проточной части ствол обладает способностью формирования струй повышенной дальности независимо от их вида. Так, при расходе 8 л/с и рабочем давлении 0,4 МПа дальность сплошной струи воды достигает 40 м, распыленной (при угле факела 40°) — не менее 20 м, пенной струи — не менее 30 м.

В конструкции ствола предусмотрен режим промывки (без отключения от пожарного рукава) в случае его засорения.

Специальная распыляющая головка с зубчатым насадком обеспечивает полноценное распыление в форме конуса вплоть до создания защитного экрана  $120^\circ$  с диаметром факела распыла не менее 6 м.

Ствол может формировать мелкодисперсные струи воды с малым расходом при нормальном давлении, а также качественные струи огнетушащего вещества в зоне пониженных давлений.

Для подключения к пожарному рукаву на стволе установлена вращающаяся муфтовая головка, что обеспечивает маневренность и удобство при эксплуатации.

Высокие тактико-технические характеристики (быстрое изменение расхода в зависимости от обстановки при пожаре, формирование спектра струй с изменяемой геометрией и их повышенная дальность, отсутствие отдачи при открытии и закрытии перекрывного устройства, минимальные усилия при переключении режимов работы, компактность) позволяют оператору проводить работы с помощью ствола с большим расходом огнетушащего вещества без подствольщика.

Ствол прост в работе, легок, сочетает в себе свойства трех стволов (А, Б и воздушно-пенного). В отличие от зарубежных аналогов в нем предусмотрено совмещение функций регулировки расхода и перекрывного устройства в одном органе управления, что значительно снижает массу и одновременно повышает оперативность и обеспечивает удобство применения.

## ГЛАВА 4. Ручные стволы-автоматы РСКУ-50А-АП и РСКУ-70А-АП

Ручные стволы-автоматы комбинированные универсальные РСКУ-50А-АП (рис. 6.3) и РСКУ-70А-АП (торговая марка АВТОМАТ ПОЖАРНОГО®) автоматически регулируют расход ОТВ для поддержания оптимальной струи при изменении давления. Стволы имеют существенные отличия от известных аналогов. Новизна технических решений подтверждена патентом РФ <sup>1</sup> 2414270\*. Предложенные в устройстве технические решения позволяют задавать требуемый расход в соответствии с размером очага горения, автомати-



Рис. 6.3. РСКУ-50А-АП

\* Идентификатор № 2414270 на изобретение «Автоматический ручной ствол» от 16.12.2009 г. Итого: 20.03.2011 г. Автор: 1 8.

чески регулировать расход в заданном диапазоне для получения оптимальной струи при изменении общего расхода в питающей сети, выбирать режим давления, соответствующий рабочему давлению питающей сети.

#### 4.1. Устройство ствола РСКУ-50А-АП

На рис. 6.4 представлен общий вид автомата пожарного. Устройство включает в себя корпус 1 с рукоятью 2; шарнирно установленную на входе корпуса 1 муфтовую головку 3, а на выходе корпуса 1 — головку регулирования угла распыления 4; установленный внутри корпуса водоуспокоитель 5, соединенный штоком 6 с тарельчатым клапаном 7; механизм перекрытия потока и регулировки расхода, который включает в себя рукоятку 8 и ролик 9, установленные на кольце 10, соединенные с втулкой расхода ручной регулировки 11 через направляющую канавку 12, нарезанную в корпусе 1.

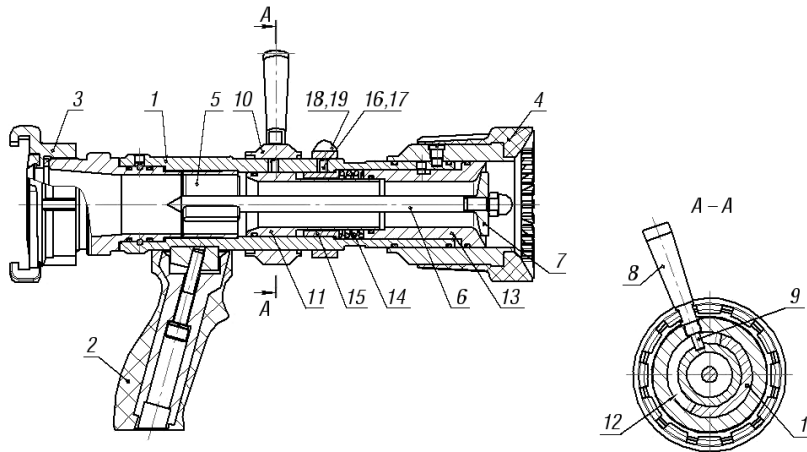


Рис. 6.4. Схема автомата пожарного типа РСКУ-50А-АП

Втулка 11 ограничивает поступательное движение втулки расхода автоматической регулировки 13, соединенной с автоматическим регулятором расхода, выполненным в виде пружины сжатия 14, соединенной с другой стороны с корпусом 1 через втулку регулятора давления 15, соединенную вращательно-поступательным движением через направляющую канавку 16 в корпусе 1 с роликом 17, установленным на кольце выбора режима давления 18 с флажком 19. При этом пружина сжатия 14 при отсутствии давления прижимает втулку расхода автоматической регулировки 13 к тарельчатому клапану 7. На корпусе 1 вдоль кольца 10 указаны положения рукоятки

8, при которых ствол перекрыт, и значения устанавливаемого расхода. На корпусе 1 вдоль кольца 18 указаны положения флажка 19, соответствующие рабочему давлению питающей сети (например, 0,6 и 0,4 МПа).

## 4.2. Подготовка к работе и работа изделия

Автомат пожарного (см. рис. 6.4) при подготовке к работе муфтовой головкой 3 присоединяется к соединительной головке пожарного рукава (на общем виде не показано). Перед подачей воды рукоятка 8 устанавливается в положение «Закрыто», указанное на корпусе 1. При подаче воды (пены) под давлением ствол держат за рукоять 2; при этом при повороте пожарного рукава благодаря шарнирному соединению муфтовой головки 3 вращательный момент не передается на рукоять 2. При тушении ствол направляется рукоятью 2 на зону горения. Вращением кольца 18 по положению флажка 19 производится установка режима давления ствола, соответствующего рабочему давлению питающей сети (например, 0,6 МПа). При этом при вращении кольца 18 и ролика 17 происходит вращательно-поступательное движение втулки регулятора давления 15, соединенной с роликом 17, по направляющей канавке 16, которая устанавливает пружину 14 в позицию задаваемого рабочего давления. Вращением рукоятки 8 производится подача струи в зону горения и одновременно устанавливается необходимый расход воды (пены). При этом при вращении рукоятки 8 вместе с кольцом 10 и роликом 9 происходит вращательно-поступательное движение втулки расхода ручной регулировки 11, соединенной с роликом 9, по направляющей канавке 12, которая устанавливается в позицию задаваемого расхода. Под давлением воды, сжимающей пружину 14, открывается кольцевой щелевой зазор между втулкой расхода автоматической регулировки 13 и тарельчатым клапаном 7. Величина этого зазора определяет расход воды (пены) на выходе из ствола и при номинальном давлении должна соответствовать указателю расхода. При изменении общего расхода в сети при включении или отключении других потребителей системы водоснабжения происходит динамическое изменение давления в сети. Например, снижение давления приводит к уменьшению силы воздействия на пружину 14 и, как следствие, к уменьшению щелевого зазора и расхода воды через ствол. Давление при этом поднимается. Характеристика жесткости пружины задается таким образом, чтобы обеспечить оптимальный расход в соответствии с давлением в питающей сети и тем самым оптимальную дальность струи. Втулка расхода ручной регулировки 11 ограничивает перемещение втулки расхода автоматической регулировки 13 диапазоном заданного расхода. При скачкообразном увеличении давления сила реакции струи первоначально приходится на пружину 14, что сглаживает реакцию струи на ствольщика. При ручной установке

расхода увеличение расхода происходит не скачкообразно, а с плавным нарастанием, регулируемым самим ствольщиком, чтобы избежать резкой отдачи от реакции струи, особенно ощутимой при больших расходах. Вращением головки регулирования угла распыления 4 устанавливается форма струи от прямой до распыленной под углом 120°.

## ГЛАВА 5. Ручной ствол с эжектированием пенообразователя типа РСКУ-50Аэ

РСКУ-50Аэ — пожарный ручной ствол комбинированный универсальный с регулируемым расходом и эжектированием пенообразователя\* (рис. 6.5). Ствол имеет существенные отличия от известных аналогов. В конструкцию ствола встроен эжектор с регулятором концентрации пенообразователя, поступающего под действием вакуума от ранцевой емкости с пенообразователем, входящей в комплект снаряжения ствольщика. Это позволяет оперативно переключаться с подачи воды на подачу пены и наоборот.



Рис. 6.5. РСКУ-50Аэ

### 5.1. Устройство ствола РСКУ-50Аэ

На рис. 6.6 представлен чертеж общего вида ручного эжекторного пожарного ствола. Устройство включает в себя сборный корпус 1 с рукояткой 2, муфтовую головку 3 на входе корпуса 1 и головку регулирования угла распыления 4 на выходе корпуса 1; водоуспокоитель 5 внутри корпуса 1, соединенный штоком 6 с тарелкой 7; втулку перекрытия и регулировки расхода 8, соединенную вращательно-поступательным движением с рукояткой 9. На входе ствола в корпусе 1 перед муфтовой головкой 3 устанавливается эжектор, содержащий вакуумную камеру 10, соединенную соплом 11 с потоком воды на входе, а на выходе по каналу 12, внутри штока 6, — диффузором 13, образованным между тарелкой 7 и экраном 14, и соединенную с пенообразователем через подсосывающие каналы 15 в водоуспокоителе 5; распределительную камеру 16; штуцер 17; регулятор концентрации 18 и вакуумную трубку 19, соединенную с емкостью пенообразователя, например, в виде ранца (на схеме не показано).

\* Îàðàéð ÐÐ ¹ 2443444 ïà èçíàððàíåå «Ðó-ííå ýæåèððííúå ííæððíúå òàíè» ïð 12.01.2011 ä.

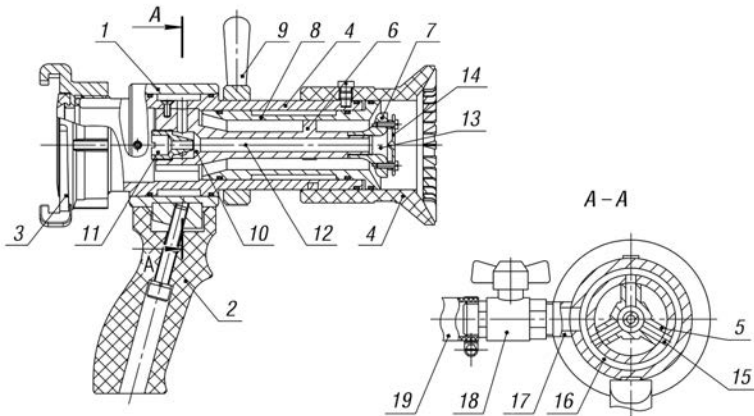


Рис. 6.6. Схема ручного ствола типа РСКУ-50Аэ

## 5.2. Подготовка к работе и работа изделия

При подготовке к работе ручной эжекторный пожарный ствол муфтовой головкой 3 присоединяется к соединительной головке пожарного рукава (на схеме не показано). Перед подачей воды рукоятка 8 и регулятор расхода 18 устанавливаются в положение «Закрыто». Для подачи воды ствол держат за рукоять 2 и направляют в зону горения. Вращением рукоятки 9 производится подача струи в зону горения и одновременно устанавливается необходимый расход воды. При вращении рукоятки 9 происходит вращательно-поступательное движение втулки расхода 8 и открывается кольцевой щелевой зазор между втулкой расхода 8 и тарельчатым клапаном 7. Величина этого зазора определяет расход воды на выходе из ствола. Вращением головки регулирования угла распыления 4 устанавливается форма струи — от прямой до распыленной (под углом 120°). При открытии регулятора расхода пенообразователя 18 на заданную концентрацию вакуум, образуемый в вакуумной камере 16 эжектора, при движении струи воды из сопла 11 эжектирует пенообразователь через подсасывающие каналы 15, распределительную камеру 16, штуцер 17 и вакуумную трубку 19 из ранцевой емкости пенообразователя, которая входит в снаряжение пожарного-ствольщика. Пенообразователь с водой по каналу 12 поступает в диффузор 13, где при ударе об экран 14 размешивается, образуя водный раствор, который подхватывается основным потоком воды и формируется в струю на выходе насадки. В полете водный раствор пенообразователя на участке дробления струи под воздействием сопротивления воздуха преобразуется в пену.

## ГЛАВА 6. Применение ручных стволов с картриджами из твердого смачивателя

Кроме жидких пенообразователей и смачивателей для ручных стволов, широкое применение нашли картриджи из твердого смачивателя (рис. 6.7). Они достаточно просто стыкуются с конструкцией ручных стволов через вставку под картридж или вставку рукавную (тубус).

Возможно применение пожарных ручных стволов с картриджами из твердого смачивателя, например «Ливень-ТС», основу которого составляют современные отечественные ПАВ с комплектом присадок.

Твердый смачиватель предназначен для тушения пожаров класса А. Применение твердого смачивателя при огнетушении снижает расход воды не менее чем в два раза. Твердый смачиватель не содержит соединений фтора и экологически безопасен; полностью растворим в воде; снижает поверхностное натяжение воды до 60 %; срок хранения 5 лет.

Тубус смешивающий для твердого смачивателя соединяется со стандартными головками пожарных рукавов диаметром 25 и 51 мм. Внутри тубуса вкладывается перфорированный цилиндр специальной конструкции, в который помещается твердый смачиватель — картридж. Конструкция тубуса обеспечивает возможность использования его в любом месте напорной рукавной линии. Время замены картриджа 15 с.



Рис. 6.7. Картридж «Ливень-ТС»

## ГЛАВА 7. Ручные стволы газожидкостные



Рис. 6.8. Общий вид РСКУ-25ВВ

Даже обычная струя, как отмечалось в гл. 2 ч. 3, увлекает в свое движение окружающие ее массы воздуха, и фактически имеет место движение двухкомпонентного потока. На базе исследований двухфазных потоков разработаны устройства для формирования газожидкостных струй с высокой начальной скоростью, которые имеют практическое применение в пожарных стволах для подачи огнетушащего вещества.

ЗАО «ЭФЭР» разработан ручной ствол комбинированный универсальный РСКУ-25ВВ (рис. 6.8) для подачи увлажненного воздуха со смачивателем, с регулируемым углом распыления и расходом. Такие стволы очень эффективны при тушении устойчивых низовых лесных пожаров в летний период. При работе ствола вода подхватывается воздушным потоком и подается на кромку пожара в распыленном виде, где мгновенно происходит подогрев капель до температуры кипения и превращение их в пар. Для перевода в пар 1 л воды из зоны горения отбирается около 540 ккал теплоты. Из 1 л воды образуется около 1680 л пара, который снижает концентрацию кислорода в зоне горения до значения меньше критического (14 %), способствуя прекращению пламенного горения. Расход воды 5–6 л на 100 м кромки пожара.

Основные технические характеристики ручного ствола РСКУ-25ВВ представлены ниже.

Масса в снаряженном состоянии, кг . . . . .	26
Габаритные размеры, мм . . . . .	440×290×670
Вместимость бака для воды, л . . . . .	14
Вместимость бензобака, л . . . . .	1,7
Мощность, л. с. . . . .	5
Объем двигателя, см <sup>3</sup> . . . . .	72,4
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин . . . . .	16
Расход жидкости, л/мин . . . . .	0,5–3
Скорость воздушного потока, м/с . . . . .	120
Дальность струи по крайним каплям, м . . . . .	7
Диаметр распыленной струи, м . . . . .	3
Угол факела распыленной струи, град. . . . .	7

## ГЛАВА 8. Ручные стволы ТРВ высокого давления

Несмотря на очевидные преимущества тонкораспыленной воды ее применение до недавнего времени имело ограниченное распространение, в основном в устройствах с оросителями небольшого радиуса действия (всего 3–5 м). Это происходило в основном из-за отсутствия технических средств, способных доставить мелкодисперсный поток к месту возгорания на более значительные расстояния. Следует также учесть, что облако перегретого пара при контакте ТРВ с огнем при тушении на близком расстоянии представляет большую опасность для пожарных. С появлением стволов ТРВ с системой формирования высокоскоростного потока область применения ТРВ значительно расширилась, в частности за счет применения ручных стволов ТРВ, стоящих на вооружении пожарных частей. Это позволило повысить



эффективность пожаротушения и сократить количество используемой воды, уменьшив тем самым ущерб от пожара и избыточной воды.

ЗАО «УСПТК «Пожгидравлика» выпускает высоконапорные насосы, создающие давление до 4 МПа, и стволы ТРВ с расходом 2 л/с. Вода или раствор пенообразователя подается к ним по рукавам высокого давления.

НИИ НТ при МАИ разработаны установки ТРВ на сжатом воздухе высокого давления с распылением воды до 100 мкм. Конструктивно их можно отнести к ствольным установкам пожаротушения. Создан целый ряд таких установок серии «Игла». Например, «Игла-1-0,4» ранцевая с запасом воды 12 л и мобильная с запасом воды 50 л, имеющие расход воды 0,4 л/с, дальность струи свыше 10 м. Выпускаются серийно, рекомендованы для эксплуатации в подразделениях ГПС, могут производить тушение твердых материалов, ЛВЖ, а также электрооборудования под напряжением до 36 кВ.

Ствольные установки пожаротушения ТРВ с использованием сжатого воздуха высокого давления выпускаются также фирмой «IFEX» (Германия).

ЗАО «ЭФЭР» разработан ручной ствол комбинированный универсальный высокого давления РСКУ-25ВД для подачи ТРВ и пены, с регулируемым углом распыления и расходом, перекрывной. Ствол совместим с комплектом оборудования высокого давления, выпускаемым УСПТК «Пожгидравлика».

На рис. 6.9 представлен общий вид ствола. Устройство включает в себя корпус 1 с рукоятью; шарнирно установленную на входе корпуса 1 муфтовую головку 4 для подключения рукава высокого давления, а на выходе корпуса 1 — поворотную головку регулирования угла распыления 2. Ствол имеет механизм перекрытия потока и регулировки расхода, управляемый ручкой 3. Основные технические характеристики РСКУ-25ВД представлены ниже.

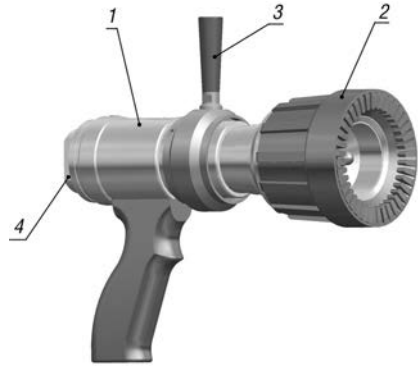


Рис. 6.9. Общий вид РСКУ-25ВД

Условный проход, мм . . . . .	25
Рабочее давление, МПа . . . . .	2–4
Расход сплошной струи при 4 МПа, л/с . . . . .	2
Дальность струй по крайним каплям при 4 МПа, м, не менее:	
сплошной водяной . . . . .	28
распыленной с факелом 30° . . . . .	15
пенной сплошной . . . . .	15

Эффективная дальность распыленной струи при 4 МПа, м, не менее . . . . .	10
Средняя интенсивность орошения распыленной струи, л/(м <sup>2</sup> ·с), не менее . . . . .	0,05
Диапазон изменения угла факела распыленной струи, град . .	0–130
Кратность пены . . . . .	9
Габаритные размеры ствола, мм, не более:	
длина . . . . .	257
ширина. . . . .	96
высота. . . . .	239
Масса, кг, не более . . . . .	2,5

## ПОЖАРНЫЕ ЛАФЕТНЫЕ СТВОЛЫ

Ствольная пожарная техника является одним из основных и наиболее мощных средств борьбы с пожарами, стоящих на вооружении пожарных частей или входящих в оснащение противопожарной защиты непосредственно пожароопасных объектов. Как свидетельствует история пожарной охраны, тушение ни одного пожара не обходится без применения лафетных стволов. Их роль при тушении настолько велика, что даже масштабы пожара принято оценивать количеством задействованных лафетных стволов.



Ствольная пожарная техника включает в себя пожарные лафетные стволы с ручным и дистанционным управлением и ручные стволы. Лафетные стволы выпускаются в широкой номенклатуре типов и исполнений. К ствольной технике поставляются также дополнительные устройства, расширяющие ее функциональные возможности.

Основным назначением пожарных стволов является дистанционная эффективная подача огнетушащего вещества на очаг загорания, что позволяет производить пожаротушение на расстоянии от огневого фронта в пределах радиуса действия струи.

Диапазон расходов пожарных стволов простирается от 1 л/с и менее до 15 л/с для ручных пожарных стволов и от 15 до 400 л/с и более для стационарных лафетных стволов, способных обрушить на очаг пожара 1,5 тыс. м<sup>3</sup> воды в час и более. Это равноценно 300 пятикубовым пожарным автоцистернам типа АЦ-5-40!

Большие расходы вызывают значительную реактивную силу отдачи, что делает необходимым применение опорных приспособлений или лафетов, откуда собственно и название *лафетные стволы* (далее — ЛС).

Формирование ЛС сплошных и распыленных струй с изменяемыми углами факела, регулирование расхода, эжектирование пенообразователей и смачивателей, осциллирование, создание защитных экранов — все это реализуется в конкретных изделиях ствольной пожарной техники. Их состав, характеристики, принцип действия на основе ранее рассмотренных по-

нятий по гидравлике, баллистике, огнетушащим свойствам представлены в следующих главах.

## **ГЛАВА 1. Основные типы лафетных стволов**

ЛС должны обеспечивать возможность подачи огнетушащих веществ с требуемыми расходами и рабочими давлениями, необходимыми для тушения пожара, в соответствии с тактикой тушения пожаров [30]. Для эффективного тушения пожаров ЛС должны быть многофункциональными, экономичными, формировать широкий спектр струй и работать в большом диапазоне расходов. Эргономичность, универсальность и простота обслуживания стволов тоже играют немаловажную роль, позволяя оперативно решать разносторонние задачи в быстроменяющихся условиях развития реального пожара.

Этим качествам соответствуют универсальные ЛС, которые позволяют формировать широкий спектр водяных и пенных, сплошных и распыленных струй, автоматически регулировать расход и изменять углы распыления в широких диапазонах. Такие стволы приходят на смену пожарным стволам с коническими насадками, формирующими сплошные струи, простым в устройстве, но имеющим низкую эффективность и ограниченные возможности.

### **1.1. Лафетные стволы со сплошными струями**

Технические показатели ЛС со сплошными струями, формируемыми коническими насадками, и их общий вид приведены в табл. 7.1.

Данные ЛС формируют сплошные водяные и пенные струи. Пенные сплошные струи формируются с использованием пенного насадка, дополнительно устанавливаемого на основной насадок. Из-за высокой турбулентности, возникающей в воздушно-механическом пенном насадке, такие струи имеют небольшую дальность. Для изменения расхода предусмотрен ряд насадков разных диаметров, которые нужно менять, отключая при этом подачу ОТВ. На ближних расстояниях, ввиду сильного гидромеханического воздействия, применение сплошных струй малоэффективно.

Представленные ЛС из-за ограниченных возможностей и устаревшей конструкции (что не отвечает современным требованиям) в настоящее время применяются все реже.

### **1.2. Лафетные стволы универсальные зарубежного производства**

В табл. 7.2 приведены технические показатели лафетных стволов известных зарубежных фирм, поставляющих свою продукцию в Россию. Все





представленные стволы формируют широкий спектр водяных и пенных, сплошных и распыленных струй, изменяют углы факелов струй в широких диапазонах.

Стационарный лафетный ствол с ручным управлением средней производительности PROTECTOR-RU фирмы «TFT» предназначен для стационарной установки на пожароопасных объектах. Ствол многофункционален; имеет механизм фиксации положений и ручной клапан для предотвращения возможного гидроудара.

Стационарный, дистанционно управляемый лафетный ствол большой производительности MONSOON RC-RU фирмы «TFT» комплектуется автоматическим насадком MASTERSTREAM 2000 ER и электроприводами на напряжение 12 или 24 В. У ствола относительно небольшие габаритные размеры и масса. Конструктивное исполнение обеспечивает малые потери напора в стволе.

Стационарный лафетный ствол FJM-80 фирмы «Skum» (Швеция) отличается простотой конструкции, но имеет относительно большие потери в стволе.

Лафетный ствол переносной COMBITOR GP3000 и стационарный лафетный ствол MONITOR-INOX GP 7000 фирмы «г. Pons» (Франция) комплектуются водопенным насадком с регулируемым расходом. Они также формируют сплошную и распыленную (с изменяемым углом факела) струи воды и воздушной механической пены.

## ГЛАВА 2. Лафетные стволы универсальные российского производства

В этой главе универсальные лафетные стволы представлены изделиями ЗАО «ЭФЭР» российского производства, выполненными по ГОСТ Р 51115–97 [11].

Дана широкая номенклатура ЛС в различном исполнении: стационарные, переносные, с ручным, дистанционным и радиоуправлением, в морском и взрывозащищенном исполнении, с осциллятором, эжектором, дефлектором и др.

Пожарные стволы «ЭФЭР» имеют сертификаты соответствия, пожарной безопасности, взрывозащиты и свидетельства о типовом одобрении Российского морского регистра судоходства, что позволяет использовать их прак-



тически во всех сферах и областях российской экономики в зависимости от специфики защищаемого объекта.

Высокая производительность и многофункциональность данных пожарных стволов позволяет рассматривать их в качестве одного из надежных и эффективных средств комплексного пожаротушения, успешно выдержавших на практике сложные экзамены по ликвидации реальных пожаров с различной природой происхождения и разной степенью сложности.

## 2.1. Основные конструктивные решения современных лафетных стволов

В отличие от ЛС со сплошными струями универсальные ЛС формируют поток *JF (Jet Fog — летящий туман)*. На выходе ЛС за кольцевым дефлектором образуется вакуум, фокусирующий распыленную струю, которая при сопротивлении воздуха формируется в полидисперсную распыленную массу с размером частиц от 50 до 400 мкм. Такая струя способна проникать через весь факел пламени до горячей поверхности благодаря высокой кинетической энергии крупных капель, а также доставлять в очаг мелкие капли ТРВ, обладающие свойством высокого поглощения теплового излучения. Полученная распыленная масса воды многократно превосходит по эффективности пожаротушения сплошные струи.

В конструкции для разгона струи использованы современные исследования гидродинамики уже XXI века — открытие Котоусова (см. ч. 2, подразд. 7.9). Эффект Котоусова здесь проявляется в получении дополнительной энергии от обжатия струи воздухом, которая тем больше, чем больше контактная площадь струи с воздухом. У насадка с кольцевым отверстием контактная площадь струи с окружающим воздухом значительно больше, чем, например, у конического насадка с круглым отверстием. Эффект Котоусова в насадках «ЭФЭР» усиливается и за счет оптимизированной конструктивной формы насадка на разгонном участке формирования струи, тогда как для конических насадков с небольшим и постоянным конусным углом этот эффект значительно слабее. Сформированная таким образом струя, несмотря на большую площадь ее сечения и, соответственно, сильное сопротивление воздуха, получается тугой, стабильной и отличается значительной дальностью.

Стволы выпускаются в комбинированном (водопенном) исполнении. Для формирования пены не требуется смены насадка. Распыленный раствор пенообразователя формирует в полете пену низкой кратности при сохранении баллистических параметров на основной траектории полета, что позволило кардинально увеличить дальность подачи пены, приближающуюся к показателям водяных струй.



Все пожарные стволы выполняются из материалов высокого качества на современном заводском оборудовании в соответствии с международными техническими стандартами. В технологическом цикле применяются алюминиевые сплавы с анодированием поверхности или высококачественная нержавеющая сталь, а также современные полимерные материалы с высоким уровнем износостойкости.

В основе ствольной части ЛС — трубная конструкция с трубными потоконаправляющими, с шарнирными шариковыми соединениями, обеспечивающими легкий ход наведения ЛС. В настоящее время введены в производство перспективные шаровые ЛС с шаровой потоконаправляющей конструкцией, значительно снижающей потери напора в стволе и существенно уменьшающей габаритные размеры и массу изделий.

Применяемые универсальные насадки позволяют изменять расход, угол факела распыления и формируют целый спектр струй — от прямой сплошной до защитного экрана. Насадки выпускаются в различном исполнении: автоматические, с регулируемым расходом, эжектируемые, дефлекторные и др.

Наведение стволов с ручным управлением производится рукоятью с возможностью фиксации выбранного направления.

ЛС с дистанционным управлением включают в себя электроприводы, конструктивно встроенные в ЛС, с использованием редукторов с червячным полым валом, что значительно облегчает конструкцию и уменьшает ее габариты. Выпускаются также ЛС с редукторами, имеющими удлиненный вал, встроенный в водопоточную конструкцию ЛС, что позволяет применять серийные редукторы, выпускаемые другими производителями. Дистанционное управление продублировано ручным.

В целом по техническим показателям выпускаемые ЛС соответствуют современному мировому уровню в данной области техники, а по некоторым показателям даже превосходят многие зарубежные аналоги. Новизна технических решений подтверждена патентами.

## 2.2. Классификация лафетных стволов

Лафетные стволы различаются по способу базирования, расходу, форме струи, виду управления, назначению, условиям применения, дополнительным устройствам, расширяющим их функциональные возможности, и пр.

В соответствии с ГОСТ Р 51115–97 [11] лафетные стволы подразделяются следующим образом:

- по *виду управления* — дистанционные (Д) и ручные (без индекса Д);
- по *способу базирования* — стационарные (С), переносные (П), возимые (В);
- по *расходу* — от 15 до 500 л/с;

- по *форме струи*:
  - с распыленной водяной и пенной струей, с изменяемым углом факела распыления — универсальные (У);
  - со сплошной струей (без индекса У).

Пример обозначения по ГОСТ Р 51115–97 [11] лафетного ствола (ЛС), дистанционного (Д), переносного (П), с расходом 20 л/с, универсального (У): **ЛС-П20У**.

По *климатическому исполнению* лафетные стволы в соответствии с ГОСТ 15150–69 изготавливаются: У1 — для объектов общего назначения; УХЛ1.1 — для пожарных автомобилей; УХЛ1 — для установки на открытом воздухе; ОМ — в морском исполнении.

Для лафетных стволов с дистанционным управлением (ЛСД) на базе электроприводов существенным является также степень пылевлагозащитности по ГОСТ 14254–96, которая для наружных установок принимается IP65, а для внутренних — IP55. Для взрывоопасных объектов ЛСД выпускаются во взрывозащищенном исполнении.

Климатическое исполнение, степень защиты и вид взрывозащиты приводятся в паспорте в технических данных на изделия.

Лафетные стволы выпускаются с разными видами насадков, в разном конструктивном исполнении и с дополнительными устройствами. Для изделий «ЭФЭР» в соответствии с ТУ 4854-003-16820082–2008 в обозначение типа изделий в этом случае вводится дополнительный индекс, который ставится в конце обозначения типа после индекса У:

- *варианты исполнений насадков*:
  - Уэ — с эжектированием пенообразователя;
  - Уа — автоматические;
  - Ур — с регулируемым расходом;
  - Уд — дефлекторные;
  - Ui — импульсные (перекрывные);
- *варианты конструктивных исполнений ЛС*:
  - У — сварные трубные из нержавеющей стали, с верхней установкой ствола;
  - Ун — то же, с нижней установкой ствола;
  - Увн — то же, с верхней и нижней установкой ствола;
  - Ул — литые;
  - Уч — с червячным редуктором;
  - У-Ех — взрывозащищенные;
  - Уш — с шаровой потоконаправляющей конструкцией;
- *дополнительные устройства ЛС*:
  - Узэ — с защитным экраном;
  - Уб — с бронешитом;

- Уо — с осциллятором;  
Уок — с осциллятором круговым;  
• *используемое огнетушащее вещество:*  
У — вода/пена (комбинированный ствол), нормального давления;  
Увд — то же, высокого давления;  
Уп — порошок (порошковый ствол);  
Угв — газовой состав.

### 2.3. Номенклатура и основные технические характеристики выпускаемых лафетных стволов

Основная номенклатура лафетных стволов и их технические характеристики приведены в табл. 7.3 и 7.4.

## ГЛАВА 3. Лафетные стволы стационарные с ручным управлением

ЛС стационарные устанавливаются на пожарных трубопроводах пожароопасных и взрывоопасных объектов, на пожарных транспортных средствах (кабинах пожарных автомобилей и палубах пожарных катеров), на вышках.

Обозначение ЛС принято по классификации, приведенной в подразд. 2.2 настоящей главы. Общий вид стволов в соответствии с выпускаемой номенклатурой изделий (см. табл. 7.3) представлен на рис. 7.1, а их технические характеристики — в табл. 7.4. ЛС комплектуются универсальными насадками для формирования сплошной и распыленной струй воды и пены с регулируемым углом факела. Предусматривается устройство стабилизации потока для повышения дальности. Изготавливаются ЛС из тонкостенной штампованной нержавеющей стали и литейных алюминиевых сплавов. По требованию заказчика ЛС выпускаются с верхней или нижней установкой ствола.

На рис. 7.2 представлена схема ЛС с ручным управлением с нижней установкой ствола. ЛС состоит из стойки с фланцем 1, горизонтального 2 и вертикального 3 потоконаправляющих патрубков, потокоформирующего насадка 4 и рукояти 5. Ствол устанавливается на ответный фланец подводящего трубопровода водоснабжения. Патрубки 2 и 3 соединяются между собой и со стойкой 1 шарнирными шариковыми соединениями с уплотнительными резиновыми манжетами. Наведение ствола осуществляется рукоятью 5, а фиксация в заданном положении — фиксаторами 6. Поворотом бампера насадка 4 обеспечивается управление углом распыления от прямой струи



Ø ððíáúá	ËÑÄ-Ñ20(15; 25)Óø	ËÑÄ-Ñ40(20; 30)Óø	ËÑÄ-Ñ60(40; 50)Óø	ËÑÄ-Ñ200ø ËÑÄ-Ñ330ø
<b>Ëàðáíúá ñàíëù ÿäðáíííúá ñ ðó÷íú òí ðàáëáíëáì</b>				
Óíëáðñàëüíúá	ËÑ-Ï20(15; 25)Ó	ËÑ-Ï40(20; 30)Ó	ËÑ-Ï60(40; 50)Ó	
Ñ ÿáëðëðíááíëáì	ËÑ-Ï20(15; 25)Óí	ËÑ-Ï40(20; 30)Óí	ËÑ-Ï60(40; 50)Óí	
Ñ ýëáëðëðíááíëáì	ËÑ-Ï20(15; 25)Óý	ËÑ-Ï40(20; 30)Óý	ËÑ-Ï60(40; 50)Óý	
<b>Ëàðáíúá ñàíëù ÿäðáíííúá ñ àëíàííëííú òí ðàáëáíëáì</b>				
Óíëáðñàëüíúá	ËÑÄ-Ï20(15; 25)Ó	ËÑÄ-Ï60(40; 50)Ó		
<b>Ëàðáíúá ñàíëù áóíððííúá ÿ áëíí ÿëáëðáíí ñàëëííáðííú ì ÿäðáíííú ì ÿííááíëáì</b>				
Áóíððííúá ÿ áëíí	ËÑ-ÏÑ60(15; 20; 25)Ó	ËÑ-ÏÑ60(30; 40)Ó	ËÑ-ÏÑ60(40; 50)Ó	
Ñ ýëáëðëðíááíëáì	ËÑÄ-Ï20(15; 25)Óý		ËÑÄ-Ï60(40; 50)Óý	
<b>Ëàðáíúá ñàíëù ñàëëííáðííúá ÿ íðíøëíáúá</b>				
Ñ ðó÷íú òí ðàáëáíëáì	ËÑ-Ñ20Óí	ËÑ-Ñ40Óí	ËÑ-Ñ60Óí	ËÑ-Ñ100Óí
Ñ àëíàííëííú òí ðàáëáíëáì	ËÑÄ-Ñ20Óí	ËÑÄ-Ñ40Óí	ËÑÄ-Ñ60Óí	ËÑÄ-Ñ100Óí
<b>Ëàðáíúá ñàíëù ñàëëííáðííúá ñ àëíàííëííú ì òí ðàáëáíëáì áçðúáíçàèùáííúá</b>				
Ñ àëíëíððííú ì àëáðáëýíë			ËÑÄ-Ñ100(20;40;60;80;90) Ó÷-Ex1	
Ñ áàëáðáëýíë ÿ ííòýíííáí ðíëá			ËÑÄ-Ñ60(20;40)Ó-Ex2	
<b>Ëàðáíúá ñàíëù áíçëíúá, ÿ ííòëððáíúá ÿ à ÿòëðáí</b>				
Äëý ðàíííúëáííú ñòðë				ËÑ-Á150Ó
Ñ ýëáëðëðíááíëáì ì áàëíí ÿáíííáðçí-áàðáëý				ËÑ-Á150Óý-áí
Ø ððíáúá				ËÑ-Á330ø

Таблица 7.4

**Основные технические характеристики лафетных стволов**

Ï íåçàðàõù	ËÑ-Ñ20(15; 25)Ó	ËÑ-Ñ40(20; 30)Ó	ËÑ-Ñ60(40; 50)Ó	ËÑ-Ñ100(80; 90; 125)Ó	ËÑ-Ñ100/150Ó
	ËÑÀ-Ñ20(15; 25)Ó	ËÑÀ-Ñ40(20; 30)Ó	ËÑÀ-Ñ60(40; 50)Ó	ËÑÀ-Ñ100(80; 90; 125)Ó	ËÑÀ-Ñ100/150Ó
Í íèíåõùíá àààèáíèà, Ì Ìà	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8
	0,4-0,8	0,4-0,8	0,6-1,0	0,6-1,0	0,6-1,0
Ðààíí-àà àààèáíèà, Ì Ìà	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5
	15	20	25	30	40
Ðààíííà áíáó, è/ñ	15	20	25	30	40
	15	20	25	30	40
Ðààíííà áíáííáí ðààííáí ðà íáííáðàçíáàðàõù, è/ñ	50	55	59	62	70
	30	34	35	38	43
Ààõùííòù òòòòè (íí èðàé-íèè èàíèýì) ìðè ííèíèàõù-íí àààèáíèè, ì, í, á íáíáà: áíáýííè ñíèííèíè ðààíííèáííè (ííá óáèí ì 30°)	45	50	52	54	60
	0-90	0-90	0-90	0-90	0-90
Ëðàòííòù íáíó, íá íáíáà	74	81	85	85	85
	63	64	63	63	63

<p>Íððá í áúáíéá ñóáíéá á íéíñéíñðé, áððá: áíðeçííóáeüííé ááððeáeüííé (íð áíððeçíí-ðà) – áááðð/áíeç</p>	<p>360 (345**) 90 (80*)/40 (8*)</p>			
<p>Íðeáíá</p>	<p>Ðó÷-ííé, ýeáeððí í áóáíé-áñeéé</p>			
<p>Ñéíðíñóú íáðáí áúáíeý, áððá/ñ:</p>	<p>3-6 8-10</p>			
<p>íðé íðí øáíeè íðé íáááááíeè</p>	<p>42; 102**</p>			
<p>Ì áññá, éá, íá áíeáá</p>	<p>12; 26**</p>	<p>18; 37**</p>	<p>42; 102**</p>	<p>80; 110**</p>
<p>Í áíðýæáíéá íeðáíeý, Á: íð áíððíáíé ñáðè íð íðí ù øeáí ííé ñáðè</p>	<p>22-27 190-240 (50 Áó); 320-420/190-240 (50 Áó)</p>			
<p>Í ííeíáeüíúé ðíe íðe ðá-áíðá ááðð ýeáeððííðeáíáíá íáááááíeý, Á, íá áíeáá: íð áíððíáíé ñáðè íð íðí ù øeáí ííé ñáðè</p>	<p>20±20 % 2±20 %</p>			
<p>Ñóú í áðíáý ííððááeýáí áý í ù ííñóú, Áð: íð áíððíáíé ñáðè íð íðí ù øeáí ííé ñáðè</p>	<p>500±20 % 1000±20 %</p>			
<p>Ñðíé ñeóæáú, eáð</p>	<p>10</p>			
<p>Òeí ñíááeíeðáeüííé áíeíáeè</p>	<p>Á Ì -80*</p>	<p>Á Ì -80*</p>	<p>Á Ì -80*</p>	<p>-</p>
<p>Ñíááeíeðáeüíúé óeáíáð (íí AINO 12820)</p>	<p>Áó 80</p>	<p>Áó 80</p>	<p>Áó 100</p>	<p>Áó 150</p>

**Íðeíá-áíeý:**

1. Á íáíçíá-áíeýð ðeííá ñóáíeá á ñeíáeðð óeáçáíú áððeáá óñðáíáeèeáááí úá ðáñóíáú, eðííá íííeíáeüííáí.
2. Çíáeíí «\*» íòíá-áíú ííeáçðáðeè áeý ÑÑ íáðáííñííáí èñííeíáíeý è øáðíáúð; «\*\*» — áeý ÑÑ ñ áeñóáíeðeíííúí óíðáðeáíeáí.

до факела с углом  $90^\circ$ . На насадке изменением щелевого зазора  $S$  кольцевого отверстия могут устанавливаться расходы 20, 30 или 40 л/с.



Рис. 7.1. Стационарные лафетные стволы с ручным управлением

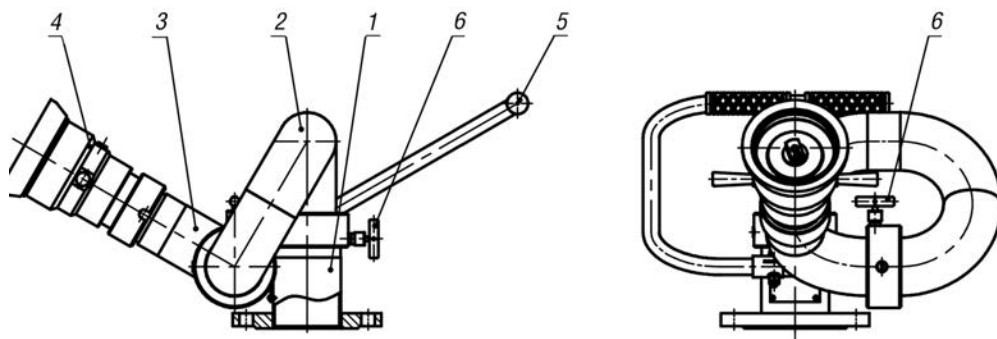


Рис. 7.2. Схема ЛС стационарного с ручным управлением трубного типа ЛС-С40(20; 30)У



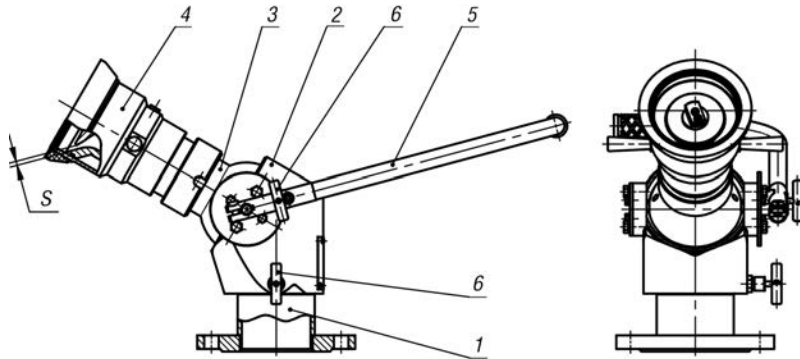


Рис. 7.3. Схема ЛС стационарного с ручным управлением шарового типа ЛС-С40(20; 30)Уш

На рис. 7.3 представлена схема шарового ЛС с шаровой потоконаправляющей конструкцией. ЛС состоит из стойки с фланцем 1, корпуса 2, шара со штуцером 3, насадка 4 и рукоятки 5. Корпус 2 соединяется с шаром 3 и стойкой 1 шарнирными соединениями с резиновыми манжетами. Наведение ствола осуществляется рукояткой 5, а фиксация — фиксаторами 6.

## ГЛАВА 4. Лафетные стволы стационарные с дистанционным управлением

Для облегчения управления, а также для возможности управления на расстоянии выпускаются ЛС с дистанционным управлением (ЛСД). ЛСД устанавливаются на пожарных трубопроводах для защиты пожаровзрывоопасных объектов, на пожарных машинах, катерах и прицепах. В зависимости от условий применения ЛСД производят в различных климатических исполнениях и с разной степенью пылевлагозащищенности. По типу привода ЛСД бывают с электроприводом, с гидро- и пневмоприводом; по способу дистанционного управления — с проводным или беспроводным дистанционным управлением.

### 4.1. Лафетные стволы с электроприводом

Обозначение ЛСД принято по классификации, приведенной в подразд. 2.2 настоящей главы. Общий вид стволов в соответствии с выпускаемой номенклатурой изделий (см. табл. 7.3) представлен на рис. 7.4, а их технические характеристики — в табл. 7.4. ЛСД комплектуются универсальными насадками с приводами для регулирования угла факела распыления водяной или пенной струи. Управление наведением ствола и углом факела распыления



Рис. 7.4. Виды лафетных стволов с электроприводом

струи осуществляется от пульта дистанционного управления по проводной или беспроводной (по радиоканалу) связи. Предусматривается устройство стабилизации потока для повышения дальности струи. ЛСД изготавливаются из тонкостенной нержавеющей стали и литейных алюминиевых сплавов. По требованию заказчика ЛСД выпускаются с верхней или нижней установкой ствола, а также с шаровым шарниром.

На рис. 7.5 представлена схема ЛСД с верхней установкой ствола. ЛСД состоит из стойки с фланцем 1, горизонтального 2 и вертикального 3 потоконаправляющих патрубков, потокоформирующего насадка 4. Ствол устанавливается на ответный фланец подводящего трубопровода водоснабжения. Патрубки 2 и 3 соединяются между собой и со стойкой 1 шарнирными шариковыми соединениями с уплотнительными резиновыми манжетами. Наведение ствола и управление углом распыления струи осуществляются дистанционно с использованием блока управления 5 от пульта дистанционного управления (не показано) или вручную с использованием

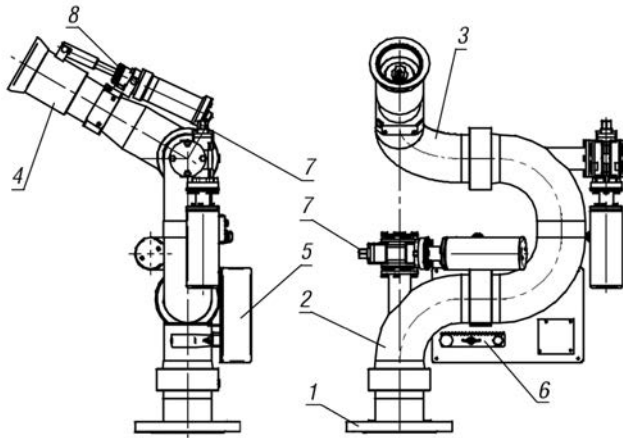


Рис. 7.5. Схема ЛСД стационарного дистанционного трубного типа ЛСД-С40(20; 30)У

штуцером 3 и насадка 4. Ствол устанавливается на ответный фланец подводящего трубопровода водоснабжения. Корпус 2 соединяется с шаром 3 и стойкой 1 шарнирными соединениями с резиновыми манжетами. На насадке изменением щелевого зазора  $S$  кольцевого отверстия могут устанавливаться расходы 20, 30 или 40 л/с. Наведение ствола и управление углом распыления струи осуществляется дистанционно с использованием блока управления 5 от пульта дистанционного управления или вручную — с по-

рукоятки 6. Для наведения ствола используются приводы 7, а для управления насадком — привод 8. Отличительной особенностью является приводной удлиненный вал, встраиваемый в водопоточную конструкцию. Изделие защищено патентом РФ на изобретение  $\text{№} 1\ 2375093^*$ .

На рис. 7.6 представлена схема шарового ЛСД с шаровой потоконаправляющей конструкцией. ЛСД состоит из стойки с фланцем 1, корпуса 2, шара со

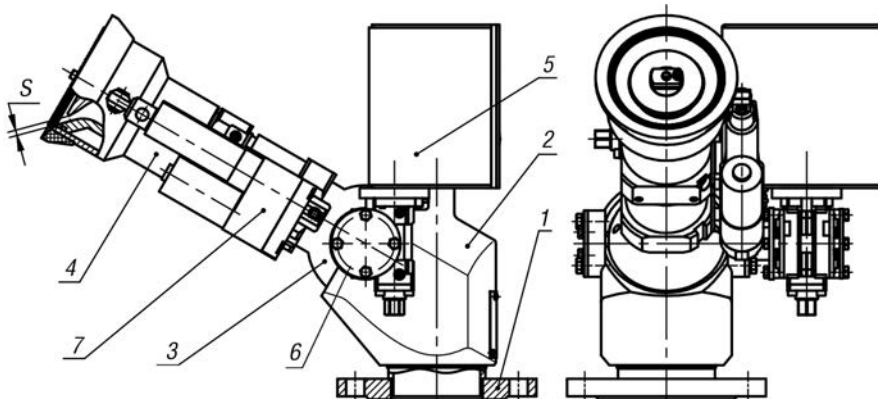


Рис. 7.6. Схема ЛСД стационарного дистанционного шарового ЛСД-С40(20; 30)Уш

\* Идентификационный номер патента РФ на изобретение «Идентификационный номер патента» от 19.05.2008 г. Идентификационный номер патента. 10.12.2009 г. Архив. № 34.



Рис. 7.7. ЛСД с механизмом подъема и опускания ствола ЛСД-С125(20-125)Уа-вн в транспортном (слева) и рабочем (справа) положении

мощью рукоятки (не показано). Для наведения ствола используются приводы 6, а для управления насадком — привод 7.

Шаровые ЛСД отличаются от аналогов более низкими потерями напора в стволе и существенно меньшими габаритными размерами и массой за счет конструкции, в которой максимально спрямлена потоконаправляющая часть.

Все электрооборудование, включая электродвигатели и платы, размещено в одном блоке управления в пылевлагозащищенном исполнении, в котором поддерживается оптимальный микроклимат по температуре и влажности. Это позволяет эксплуатировать изделие в тяжелых средах и наружных установках.

Изделие защищено патентом РФ на изобретение <sup>1</sup> 2412733\*.

На рис. 7.7 представлен лафетный ствол ЛСД-С125Уа-вн с дистанционным управлением (Д), стационарный (С), с номинальным расходом 125 л/с (125), универсальный (У), с автоматическим насадком (а), осуществляющим автоматическую стабилизацию давления для поддержания оптимальной струи с расходом 18–125 л/с, с механизмом подъема и опускания ствола в верхнюю или нижнюю позиции (вн). Ствол предназначен для установки на пожарный автомобиль. Имеет транспортное положение с нижней установкой ствола и рабочее (развернутое) положение с верхней установкой ствола. Перемещение ствола в заданные позиции, так же как и наведение струи, осуществляется дистанционно от пульта управления.

\* Ἰδαίῳ ΔΘ <sup>1</sup> 2412733 ἰὰ ἐξίαδῶδαίεᾶ «Ἰῖαδῳίύε ἰίῖεῶἰδ ἢ ὀαδῑάύἰ ὀαδῑέδῑἰ» ἰῶ 18.11.2009 ᾶ. Ἰῖῑῑᾶᾶ. 27.02.2011 ᾶ. Ἀῖῖᾶ. <sup>1</sup> 6.

## 4.2. Лафетные стволы с гидро- и пневмоприводом

ЛС с гидроприводом из-за громоздкой конструкции и наличия масляных гидростанций под высоким давлением в настоящее время практически заменены на ЛС с электроприводом. Их описание и технические характеристики приведены в гл. 1 ч. 1. К ЛС с гидроприводом относятся и ЛС с водяными двигателями, работающими под давлением воды от той же сети пожарного трубопровода, что и сам ствол. На рис. 7.8 представлена общая схема ЛС с водяными двигателями и принципиальная гидравлическая схема. Основу водяного привода составляет поворотное устройство, корпус которого разделен лопаткой на две рабочие полости. Для углового перемещения выходного вала устройства, соединенного с поворотными патрубками ствола, в одну рабочую полость вода под давлением входит, а в другую — выходит. При реверсировании производятся обратные действия. Управление поворотными двигателями осуществляется гидрораспределительными устройствами подачи соответствующих команд на катушки электромагнитов.

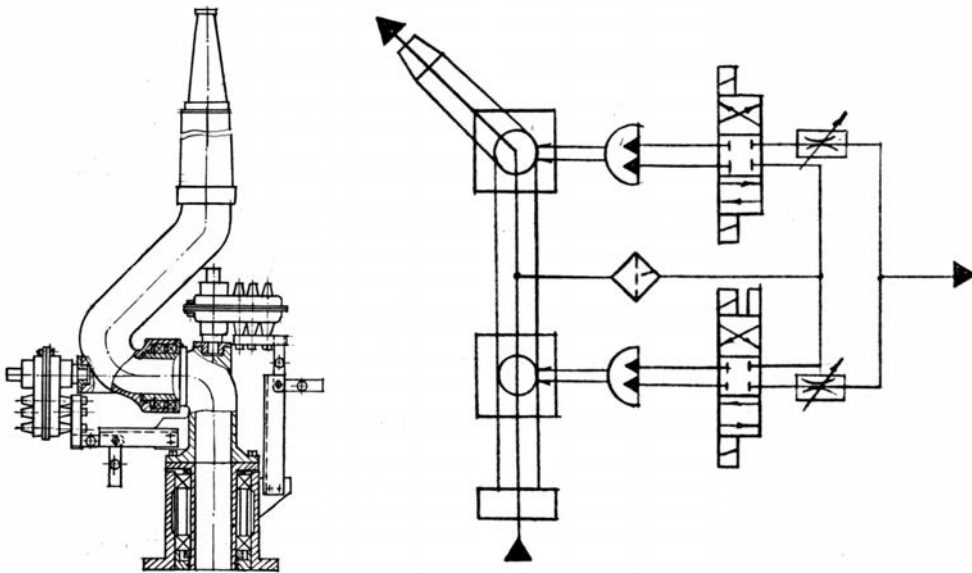


Рис. 7.8. Общая (слева) и гидравлическая (справа) схемы лафетного ствола с водяным двигателем

В ЛС с пневмоприводами также используются поворотные устройства, но подключаются они к сети сжатого воздуха. Для управления ЛС с пневмоприводами, в частности для взрывоопасных производств, используются элементы пневмоавтоматики.

## ГЛАВА 5. Пожарные лафетные стволы переносные

Обозначение пожарных лафетных стволов переносных принято по классификации, приведенной в подразд. 2.2. Общий вид стволов в соответствии с выпускаемой номенклатурой изделий (см. табл. 7.3) представлен на рис. 7.9, а их технические характеристики — в табл. 7.4.

Переносные ЛС имеют эргономичное управление наведением струи. При фиксировании в заданном положении струи сохраняют устойчивость без поддержки.

Конструкция всех пожарных стволов позволяет эксплуатировать их одному ствольщику, находясь на безопасном расстоянии от воздействия неблагоприятных факторов пожара. ЛС обеспечивают подачу от 20 до 60 л/с в виде сплошной или распыленной (с изменяемым углом факела) струи воды или пены. Функциональные возможности ЛС позволяют минимизировать



Рис. 7.9. Лафетные стволы переносные

расход ОТВ и получать максимальную отдачу от имеющегося насосного оборудования, с которым ЛС соединяется 77 и 150 напорными рукавами.

В настоящее время освоен выпуск целого ряда переносных стволов — от компактных легких с расходом 20 л/с типа ЛС-П20У до самых мощных переносных типа ЛС-П60(10–80)Уа, которые выпускаются с ручным и дистанционным управлением и оснащены автоматическим насадком с диапазоном расходов 10–80 л/с. Переносные стволы также оснащаются дополнительными устройствами — осцилляторами, эжекторами, защитными экранами.

### 5.1. Пожарные лафетные стволы переносные с ручным управлением

На рис. 7.10 представлена схема ЛС с ручным управлением. ЛС состоит из патрубка входного 1, установленного на выдвигаемом лафетном основании 2, обратного клапана 3 с соединительными головками 4, горизонтального потоконаправляющего патрубка 5 и вертикального 6 с установленным

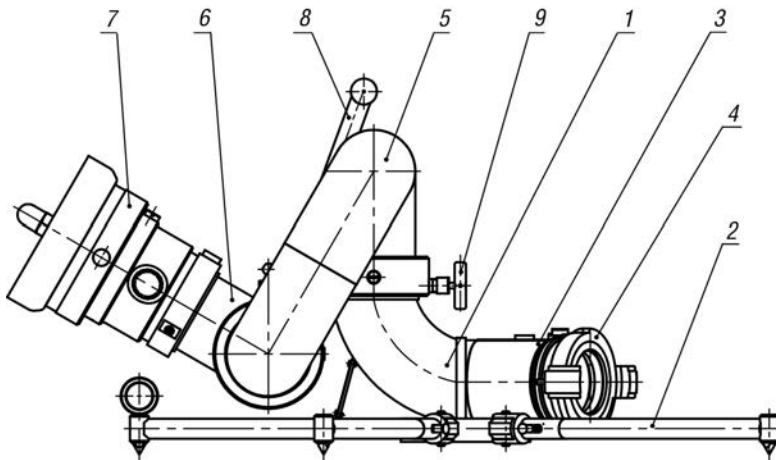


Рис. 7.10. Схема ЛС с ручным управлением

на нем потокоформирующим насадком 7 и рукояти 8. Патрубки соединены между собой шарнирными шариковыми соединениями с уплотнительными манжетами. Наведение ствола осуществляется рукоятью 8, а его фиксация в заданном положении — фиксаторами 9. Поворотом бампера насадка 7 производится управление углом распыления — от прямой струи до факела с углом 90°.

## 5.2. Пожарные лафетные стволы переносные с дистанционным управлением

Ствол пожарный лафетный переносной (рис. 7.11) состоит из патрубка входного 1, установленного на выдвигаемом лафетном основании 2, соединительной головки 3, горизонтального потоконаправляющего патрубка 4 и вертикального 5 с потокоформирующим насадком 6. Для наведения ствола используются приводы 7, а для управления насадком — привод 11. В электроприводы ствола 7 установлены съемные шпонки 8. Управление стволом осуществляется с пульта дистанционного управления 9, подключаемого к блоку управления 10 посредством разъемного соединителя. Питание ствола осуществляется от аккумуляторного блока, входящего в комплект поставки ствола (на рисунке не показан). Блок аккумуляторный подключается к блоку управления также посредством разъемного соединителя. При аварийных ситуациях предусмотрена возможность перевода ствола на ручное наведение с использованием съемных шпонок 8.

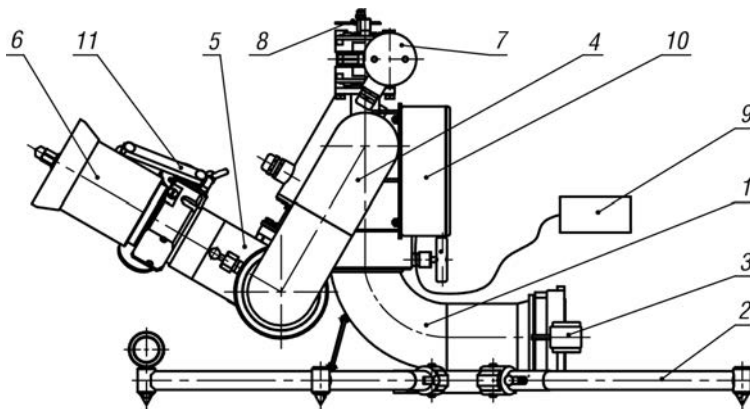


Рис. 7.11. Ствол пожарный лафетный переносной с дистанционным управлением

## 5.3. Пожарные лафетные стволы быстросъемные

Стволы пожарные лафетные водопенные универсальные, быстросъемные в комплекте со стационарным и переносным основаниями и обратным клапаном предназначены для формирования распыленной струи огнетушащего вещества с изменяемым углом распыления — от прямой струи до защитного экрана 90°.

На рис. 7.12 представлен быстросъемный ствол типа ЛС-П/С20У с набором оснований для разных положений установки.





Рис. 7.12. Пожарный лафетный ствол быстросъемный ЛС-П/С20У: а — общий вид на переносном развернутом основании; б — стационарное и переносное основания для ствола; в — ствол на стойке с фланцем

Быстросъемный лафетный ствол в зависимости от оперативной обстановки способен выполнять функции двух лафетных стволов:

- стационарного с ручным управлением ЛС-С20(15; 25)У, который крепится на стационарной опоре;
- переносного ЛС-П20(15; 25)У с ручным управлением, который устанавливается на переносном лафете и подключается к пожарной рукаву.

За счет быстросъемного соединения лафетный ствол может быть быстро переведен из стационарного положения в переносное и наоборот. Это позволяет оперативно тушить пожары как с кабины при движении, так и с переносного ствола с подключением пожарных рукавов. Следует учесть, что большое значение для транспортировки имеет компактность устройства и отсутствие выступающих частей.

## ГЛАВА 6. Пожарные лафетные стволы возимые

Лафетные стволы возимые (рис. 7.13) устанавливаются на прицепах к транспортным средствам. Как правило, это стволы с большими расходами. Дополнительно к стволу на прицепе может быть смонтировано дополнительное оборудование и оснастка для подключения к системе водоснабжения.

ЛС-В150Уэ-бп — ствол пожарный лафетный возимый, с расходом 150 л/с, с эжектированием пенообразователя. На двухосном прицепе установлена также емкость для пенообразователя вместимостью 2 т, коллектор для разбора воды и комплект пожарных рукавов.

ЛС-В330Уш — ствол пожарный лафетный возимый, с расходом 330 л/с, с шаровой потоконаправляющей конструкцией. Предназначен для тушения крупных пожаров. Ствол-водомет базируется на прицепе, позволяющем

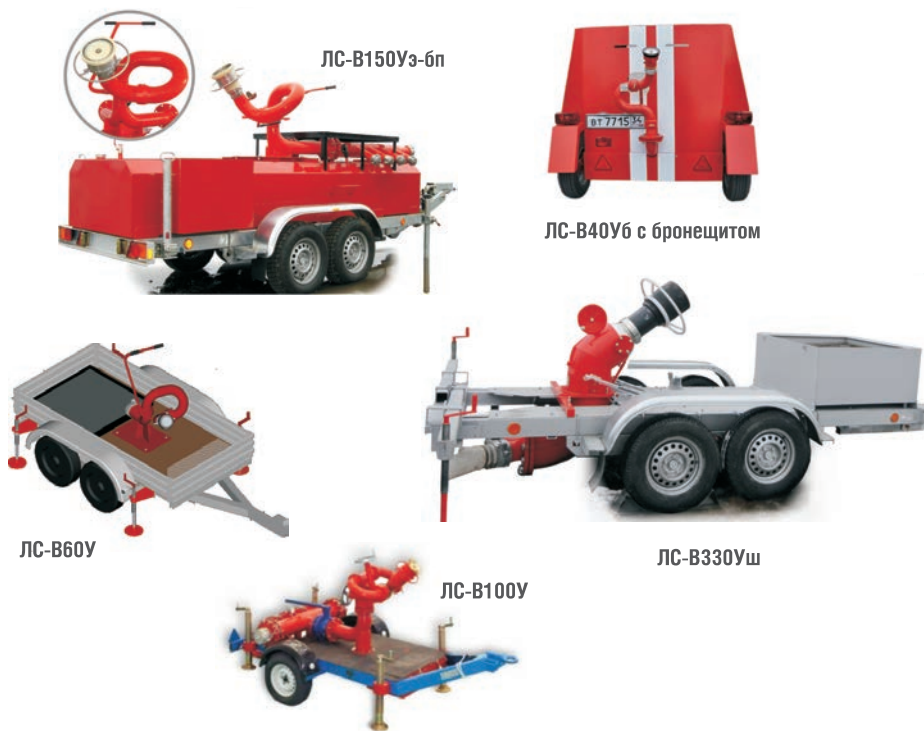


Рис. 7.13. Пожарные лафетные стволы, возимые на прицепе

оперативно доставлять оборудование к месту пожара. Из транспортного положения водомет легко с помощью телескопических механизмов устанавливается прямо на грунт, а выдвигаемые аутригеры обеспечивают ему устойчивую позицию. Наведение ствола производится штурвалами через редукторные механизмы или дистанционно — электроприводами. Ствол формирует прямую и распыленную струи с возможностью изменения угла факела распыления. Благодаря шаровой конструкции водопотока ствол отличается компактностью и сравнительно небольшой массой.

ЛС-В60У — ствол пожарный лафетный возимый, с расходом 60 л/с. На двухосном прицепе предусматривается возможность транспортировки пожарных рукавов. Выдвигаемые аутригеры обеспечивают устойчивую позицию при работе ствола. Наведение ствола производится рукоятью. Ствол формирует прямую и распыленную струи.

ЛС-В40Уб — ствол пожарный лафетный возимый, с расходом 40 л/с, с бронещитом. Предназначен для тушения пожаров на складах боеприпасов и взрывчатых изделий.

## ГЛАВА 7. Пожарные лафетные стволы с дополнительными устройствами

### 7.1. Пожарные лафетные стволы с осцилляторами

ЛС с осцилляторами предназначены для циклического перемещения ЛС влево – вправо по оси в горизонтальной плоскости по заданному сектору с использованием энергии подводимой воды. Тушение или охлаждение производится перемещением струи по защищаемой площади в автоматическом режиме циклично. Эта функция особенно удобна, если есть необходимость непрерывно охлаждать протяженный объект, что можно делать без участия человека. Осцилляторы, как правило, представляют собой водяные двигатели с редуктором и механизмом осциллирования.

Наиболее оптимальная скорость перемещения осциллирующей струи — 3 град/с: при большей скорости струя заламывается и теряет дальность. Одним из показателей осциллирующих струй является угол сканирования, который выбирается из фиксированных задаваемых положений, например 30, 70 и 110°.

На рис. 7.14 представлены стационарные и переносные лафетные стволы с осцилляторами с расходом от 20 до 60 л/с, а на рис. 7.15 — схема с указанием основных деталей устройства.



Рис. 7.14. Пожарные лафетные стволы с осцилляторами

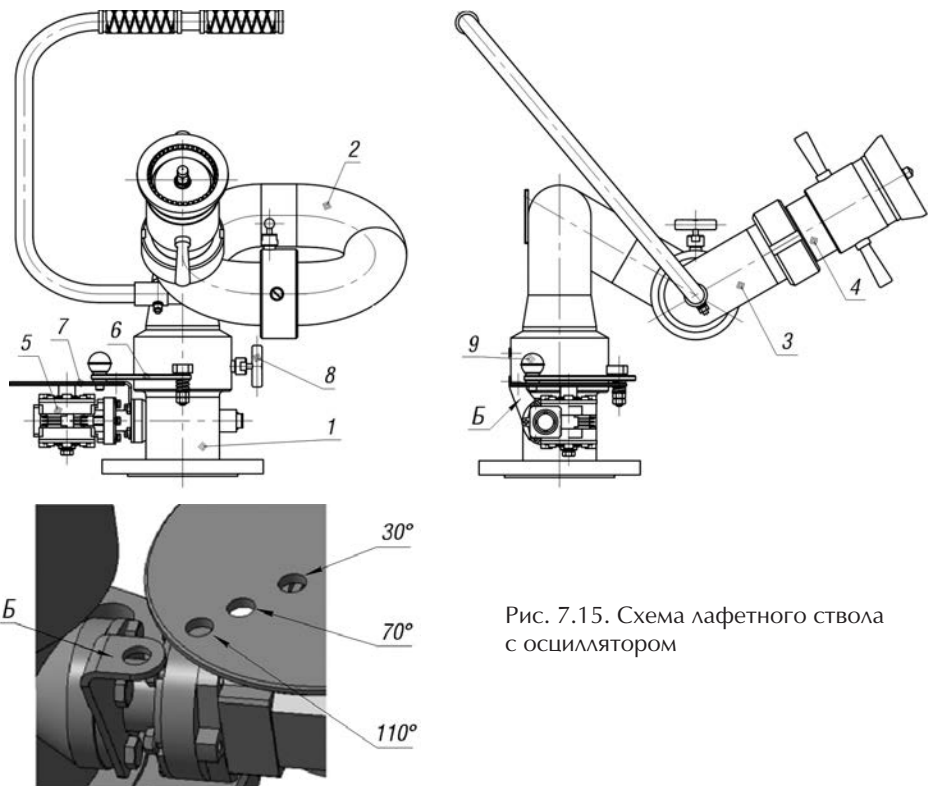


Рис. 7.15. Схема лафетного ствола с осциллятором

ЛС с осциллятором состоит из стойки с фланцем 1, горизонтального потоконаправляющего 2 и вертикального 3 патрубков, насадка 4, редуктора 5. Поток воды, проходящий через ЛС, вращает установленную в стойке 1 турбинку. Крутящий момент от турбинки передается на редуктор 5. На выходном валу редуктора закреплен диск 7 с тремя отверстиями, соответствующими трем углам сканирования ЛС (30, 70 и 110°). Установка угла сканирования производится шатуном 6, который фиксируется на диске фиксатором 9; при этом фиксатор ствола 8 должен быть ослаблен. Перед началом работы в автоматическом режиме необходимо выставить ствол на середину сектора сканирования, зафиксировать угол возвышения ствола и угол распыления струи. Сканирование струи начинается с подачи воды на ствол. Для управления ЛС в ручном режиме шатун 6 от диска 7 должен быть отсоединен.

ЛС с осциллятором защищены патентом РФ <sup>1</sup> 2375094 «Пожарный монитор с осциллятором»\*.

\* Идентификатор патента № 2375094 в базе данных ФИПС «Информационная система для интеллектуальной собственности» от 19.05.2008 г. Идентификатор. 10.12.2009 г. Стр. 1 34.

## 7.2. Пожарные лафетные стволы с эжектирующими устройствами

Для получения пены используется раствор пенообразователя, который по обычной схеме готовится в насосной дозаторной и подается по трубам или рукавным линиям к стволу, генерирующему пену. Раствор пенообразователя можно получить и прямо в стволе.

Для этого используются стволы с эжектирующими устройствами (рис. 7.16). К ЛС с эжектирующими устройствами по трубам или рукавным линиям подается только вода. Дозированная подача пенообразователя в ствол производится от отдельной емкости через вакуумный шланг. На выходе ствола формируется пенная струя, а при перекрытии подачи пенообразователя — водяная распыленная струя.

На рис. 7.17,а показан общий вид лафетного ствола с эжектирующим насадком. Ствол состоит из стойки с фланцем 1, горизонтального потоконаправляющего 2 и вертикального 3 патрубков, соединенных между собой шарнирными соединениями с уплотнительными манжетами. К патрубку 3 присоединен насадок 4 с эжектирующим устройством и вентилем 7. Подвод пенообразователя осуществляется через гибкий вакуумный шланг 8. На рис. 7.17,б показан эжектирующий насадок в разрезе. Насадок включает в себя корпус 1, муфту соединительную 2, головку регулирования угла факела распыления струи 3, водоуспокоитель трехлепестковый 4. В корпусе насадка 1 устанавливается штуцер 5 для подключения вакуумного шланга с вентилем 6 и дроссельной шайбой 7 для 3 %- или 6 %-ного раствора пенообразователя. На штуцере 5 устанавливается эжектор, содержащий вакуумную камеру 8, соединенную соплом 9 с потоком воды на входе, а на выходе — с диффузором 10, образованным между тарелкой 11 и экраном 12. При работе насадка вода, выходящая из сопла 9, образует вакуум. Вследствие этого в вакуумную камеру 8 подсасывается пенообразователь, который через диффузор 10 смешивается с водой, выходящей распыленной струей, и в полете формируется пена.



Рис. 7.16. Лафетные стволы с эжектирующим устройством

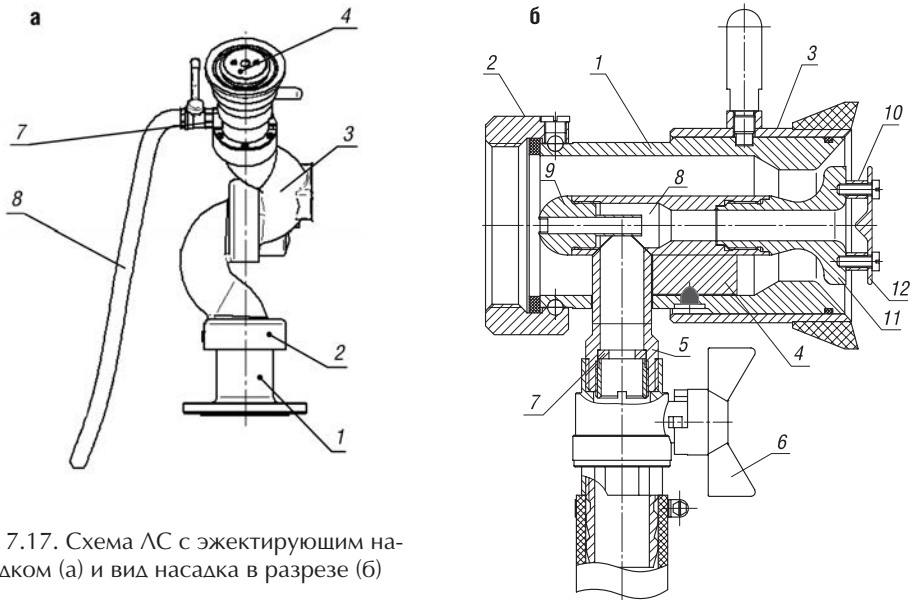


Рис. 7.17. Схема ЛС с эжектирующим насадком (а) и вид насадка в разрезе (б)

### 7.3. Пожарные лафетные с дефлектором плоской струи

Пожарные лафетные с дефлектором формируют плоскую струю, применяемую для пожаротушения и создания водяных завес. Общий вид и схема

ЛС с дефлектором плоской струи представлены на рис. 7.18 и 7.19.



Рис. 7.18. Общий вид ЛС с дефлектором плоской струи ЛС-С20Уд

ЛС с дефлектором плоской струи состоит из стойки с фланцем 1, горизонтального потоконаправляющего 2 и вертикального 3 патрубков, соединенных между собой шарнирными соединениями с уплотнительными манжетами. К патрубку 3

присоединен потокоформирующий насадок с дефлектором 4. Наведение ствола осуществляется рукоятью 5, а его фиксация в заданном положении — фиксаторами 6. Требуемая форма плоской водяной струи регулируется щелевым зазором дефлектора с помощью винта 7. Рекомендуемый зазор при работе с плоской водяной струей 7–10 мм. При раскрытии дефлектора на максимальный угол насадок формирует обычную сплошную струю.

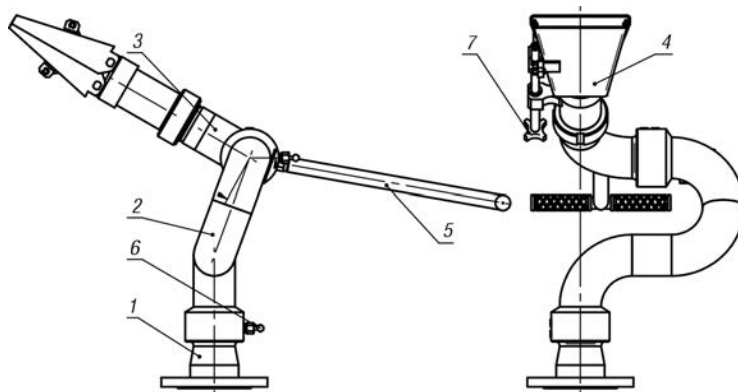


Рис. 7.19. Схема ЛС с дефлектором плоской струи

#### 7.4. Пожарные лафетные стволы с защитным экраном

Защитный экран создает локальную водяную завесу, расположенную нормально к струе, направленной на очаг горения, и служит для защиты ствольщика от воздействия тепловой радиации. Для водяной завесы используется незначительная часть воды, подаваемой в ствол из системы водоснабжения. Создаваемый экран достаточно прозрачен и не препятствует наблюдению за очагом горения.

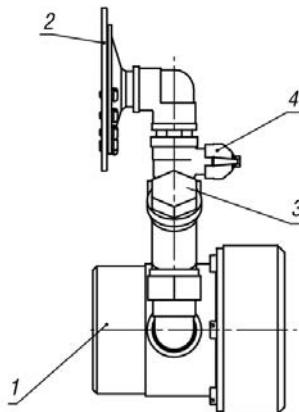
На рис. 7.20 представлены ЛС с защитным экраном, устанавливаемым между ствольной частью и насадком. Общий вид и схема защитного экрана приведены на рис. 7.21.

Защитный экран состоит из переходной втулки 1, форсунки 2, фильтра 3 и вентиля подачи воды 4. При необходимости корректировки угла наклона защитного экрана относительно струи защитный экран устанавливается в другое положение путем его поворота в переходной втулке. Для включения



Рис. 7.20. Лафетные стволы с защитным экраном

Рис. 7.21. Общий вид и схема защитного экрана



защитного экрана необходимо открыть вентиль 4. Открытием вентиля производится регулировка размеров защитного экрана.

### 7.5. Пожарные лафетные стволы с автоматическим насадком

Пожарные лафетные стволы, оборудованные автоматическим насадком, автоматически поддерживают давление огнетушащего вещества, что обеспечивает оптимальное качество струи в стволе при изменяющихся параметрах расхода в магистральной сети.



ЛС-П60(8-80)Уа



ЛСД-С125(20-125)Уа

Рис. 7.22. Лафетные стволы с автоматическим насадком

На рис. 7.22 представлены ЛС с автоматическими насадками:

- лафетный ствол переносной ЛС-П60(8-80)Уа: автоматически поддерживает давление при расходах от 8 до 80 л/с, обеспечивая оптимальные параметры струй в этом диапазоне;
- лафетный ствол с дистанционным управлением ЛСД-С125(20-125)Уа: автоматически поддерживает давление при расходах от 20 до 125 л/с, с оптимальными параметрами струй в этом диапазоне; имеет также дистанционное управление углом факела распыления.

На рис. 7.23 дана схема автоматического насадка. Насадок включает в себя корпус 1, муфту соединительную 2, головку с бампером для регулирования угла факела распыления струи 3, водоуспокоитель 4 со штоком 5.



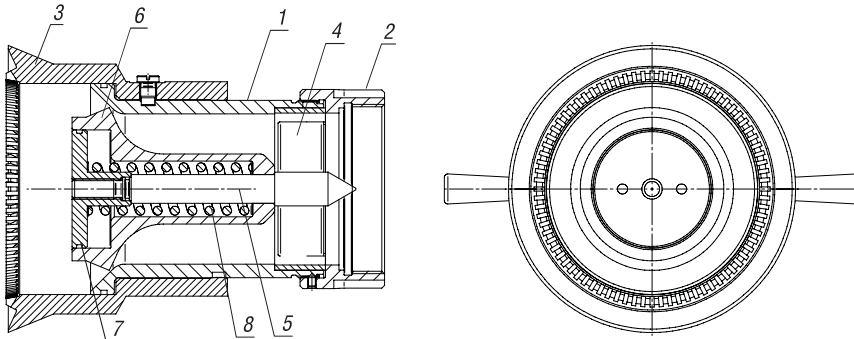


Рис. 7.23. Схема автоматического насадка

На штоке 5 подвижно установлен диффузор 6 с цилиндрической полостью, который с крышкой 7, фиксируемой на штоке 5, образует поршневую пару и может возвратно-поступательно перемещаться. Давление воды (например, номинальное) уравнивается пружиной 8; при этом между корпусом 1 и диффузором 6 образуется щелевой зазор, обеспечивающий номинальный расход. При изменении параметров сети диффузор 6 перемещается до положения, которое уравнивается пружиной; при этом изменяется расход в регулируемом диапазоне и поддерживается давление в узком интервале, обеспечивая оптимальные параметры струи.

### 7.6. Пожарные лафетные стволы с импульсными насадками

Пожарные лафетные стволы с импульсным насадком формируют водяные заряды с крутым фронтом, иначе струя образует длинный бесформенный шлейф, проливающийся перед стволом. Для этого используются быстродействующие затворы (рис. 7.24).



Рис. 7.24. Испытание импульсных насадков: слева — сплошная струя; справа — импульсный водяной заряд

При правильно выбранном фронте импульса заряд формируется в компактный водяной снаряд, передний фронт которого сжимается, теряя скорость от сопротивления воздуха, а задний фронт сжимается от более высокой скорости летящих сзади частиц.

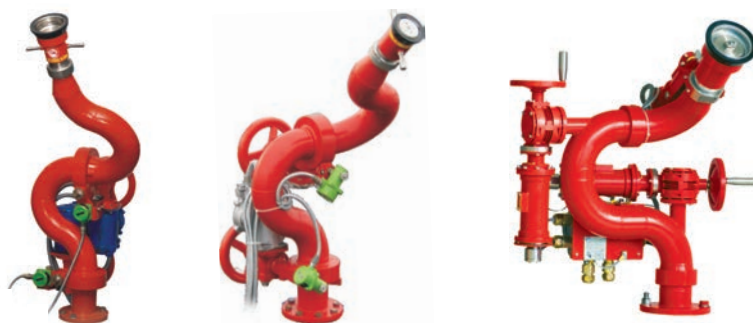
Дальность и траектория импульсных зарядов примерно соответствует водяным струям. Частота и объем заряда формируются длительностью управляющих импульсов. Импульсные стволы позволяют регулировать расход воды.

## ГЛАВА 8. Пожарные лафетные стволы во взрывозащищенном исполнении

Для взрывоопасных производств применяются пожарные лафетные стволы во взрывозащищенном исполнении.

Обозначение пожарных лафетных стволов переносных принято по классификации, приведенной в подразд. 2.2. Общий вид стволов в соответствии с выпускаемой номенклатурой изделий (см. табл. 7.3) представлен на рис. 7.25, а их технические характеристики — в табл. 7.4.

На рис. 7.26 дана схема ЛС во взрывозащищенном исполнении. ЛС состоит из стойки с фланцем 1, горизонтального потоконаправляющего 2 и вертикального 3 патрубков, потокоформирующего насадка 4, приводов наведения во взрывозащищенном исполнении 5, монтажной коробки во взрывозащищенном исполнении 7. Стойка с фланцем 1 и патрубки 2 и 3 соединены между собой шарнирными соединениями с уплотнительными манжетами. К патрубку присоединен насадок 4 с приводом во взрывозащищенном исполнении 8. Наведение ствола осуществляется дистанционно от пульта управления, подключенного к шкафу управления (на рисунке не по-



ЛСД-С100(20;40;60;80;90)Уч-Ex1

ЛСД-С60(40;20)У-Ex2

Рис. 7.25. Лафетные стволы переносные

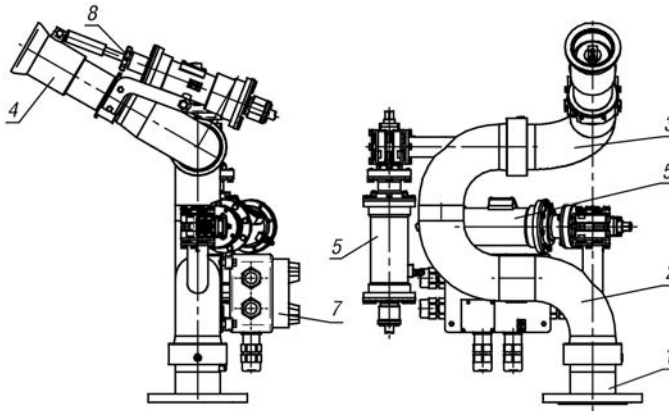


Рис. 7.26. Схема ЛС во взрывозащищенном исполнении

казан), или ручную съемной рукоятью. В качестве приводов наведения применяются асинхронные электродвигатели со взрывозащитой вида 1ExdIIВТ4 или двигатели постоянного тока со взрывозащитой вида 1ExdIIСТ4.

## ГЛАВА 9. Пожарные лафетные стволы порошковые

Пожарные лафетные стволы порошковые применяются для пожаротушения огнетушащим порошком [45]. Ими оснащаются пожарные автомобили порошкового тушения [46], которые оборудованы для этого сосудом для хранения огнетушащего порошка, баллонами с газом или компрессорной установкой. Данные стволы выпускаются как с ручным, так и с дистанционным управлением.

На рис. 7.27 и 7.28 изображены общий вид и чертеж общего вида ствола пожарного лафетного порошкового типа ЛС-С40Уп.

Ствол пожарный лафетный состоит из стойки с фланцем 1, входного патрубка 2, выходного патрубка 3, насадка 4, рукоятки 5. Стойка с фланцем, входной и выходной патрубки соединены между собой шарнирными соединениями с уплотнительными кольцами. К выходному патрубку присоединен потокоформирующий насадок 4. Наведение ствола осуществляется рукоятью 5, а его фиксация в заданном положении — фиксаторами 6.



Рис. 7.27. Лафетный ствол порошковый

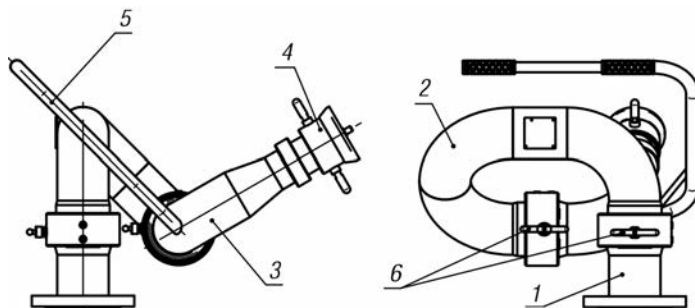


Рис. 7.28. Схема АС порошкового типа АС-С40Уп

Технические характеристики лафетного ствола с дистанционным управлением типа ЛСД-С40Уп приведены ниже:

Номинальное давление, МПа . . . . .	0,6
Рабочее давление, МПа . . . . .	0,4–0,8
Расход при давлении 0,6 МПа, кг/с . . . . .	40
Диаметр резьбы насадка . . . . .	G 2 1/2"
Дальность сплошной струи при давлении 0,6 МПа, м . . . . .	50
Угол перемещения ствола, град:	
в вертикальной плоскости . . . . .	От +90 до –45
в горизонтальной плоскости . . . . .	345
Напряжение электрического питания, В . . . . .	24
Установленная мощность, Вт. . . . .	2×41; 1×12,8
Климатическое исполнение по ГОСТ 15150–69 . . . . .	У1, УХЛ1.1
Масса, кг . . . . .	30

## ГЛАВА 10. Пожарные лафетные стволы на транспортных средствах

### 10.1. Пожарные лафетные стволы на автомашинах

Эффективность пожарных машин заключается не только в быстрой доставке огнетушащих веществ к месту пожара, но и в оптимальном использовании их при тушении пожаров. Этому в значительной степени способствуют современные универсальные водопенные стволы с широкими функциональными возможностями.

На рис. 7.29 представлен пожарный автомобиль-автоцистерна АЦ-5-40, предназначенный для доставки к месту пожара личного состава, пожарно-технического вооружения, оборудования и проведения боевых действий по тушению пожара. Пожарный автомобиль оборудован 5-тонной емкостью

с насосом 40 л/с для жидких огнетушащих веществ и средствами их подачи — лафетными и ручными стволами. Лафетные стволы, которые могут быть с ручным или дистанционным управлением, устанавливаются на крыше кабины и бампере автомобиля.

На рис. 7.30 представлен пожарный автомобиль-автолестница АЛ-50, оборудованный поворотной телескопиче-



Рис. 7.29. Автоцистерна АЦ-5-40

ской подъемной стрелой со стволом ЛСД-С20У, предназначенный для проведения боевых действий по тушению пожаров и аварийно-спасательных работ на высоте, а на рис. 7.31 — пожарный автомобиль в действии.

На аэродромных пожарных автомобилях используются высокопроизводительные насосы с подачей до 7000 л/мин и пологой характеристикой: только такие насосы могут



Рис. 7.30. Автолестница АЛ-50

обеспечить требуемую интенсивность подачи и стабильность напора при изменении интенсивности подачи. Все насосы оснащаются автоматическими системами забора воды (с высоты до 9,6 м) и автоматическими дозаторами пенообразователя, управляемыми с рабочего места водителя. На тяжелых аэродромных автомобилях предусматривается установка пенного насоса с приводом



Рис. 7.31. Пожарный автомобиль в действии



Рис. 7.32. Пульт управления и система позиционирования современных аэродромных ПА (Rosenbauer, Австрия)

от автономного двигателя. Важнейшим агрегатом аэродромного автомобиля является лафетный ствол (или комбинация лафетных стволов). Расход лафетного ствола адекватен номинальной подаче насоса и достигает 7000 л/мин. В стандартное исполнение аэродромного автомобиля входит система переключения расхода ствола на 50 % подачи, которая приводится в действие при включении бамперных стволов и системы самозащиты (оросителей) автомобиля. Конструкция применяемых лафетных стволов должна обеспечивать максимальную дальность водопенных струй (сплошных, распыленных плоских); оптимальную точность попадания средств тушения в очаг пожара; удобство управления, исключающее возможность ошибочных действий оператора. Система управления лафетным стволом (рис. 7.32) включает электронное устройство позиционирования, которое позволяет направлять огнетушащую струю параллельно рычагу управления. Рычаг управления оснащен датчиками команд для подачи средств тушения, регулирования расхода, положения створок дефлектора. Основной пульт управления находится в кабине в зоне оператора, однако предусматривается несколько дополнительных постов управления (на крыше, выносной пульт).

## 10.2. Лесопожарный трактор

Для защиты лесов от пожаров наряду с авиационной охраной лесов необходима наземная инфраструктура, в которой значительная роль отводится лесопожарным тракторам. На рис. 7.33 показан лесопожарный трактор ЛХТ-100А-ЭФЭР-2ВН, предназначенный для борьбы с верховыми и низовыми лесными пожарами механизированным способом в труднодоступных местах. Лафетные и ручные стволы составляют основу противопожарного вооружения трактора и позволяют производить тушение пожаров водой, тонкораспыленной водой, пеной низкой кратности и эмульсией. Пополнение запасов воды осуществляется забором воды из открытых водных источников. Трактор может применяться и как насосная станция для подачи воды на расстояние до 500 м и на высоту до 80 м, в связи с чем возможно его использование для тушения пожаров в удаленных лесных поселках, а также на лесобиржах. Локализация лесных пожаров производится путем прокладки заградительных противопожарных полос.



Рис. 7.33. Лесопожарный трактор в действии



Рис. 34. Лесопожарный трактор на испытаниях в условиях среды применения

### 10.3. Пожарные танки и бронетранспортеры

Пожарные танки предназначены для тушения пожаров в экстремальных взрывоопасных условиях, в частности на складах боеприпасов и взрывчатых изделий. На рис. 7.35 представлен пожарный танк с лафетным стволом ЛСД-С100У.



Рис. 7.35. Пожарный танк с лафетным стволом ЛСД-С100У

На рис. 7.36 приведен снимок роботизированного пожарного танка СЛС-100 «54» «Сойка» с лафетным стволом СЛС-100 на базе танка Т-54, установленного у центрального входа ВНИИПО, предназначенного для тушения пожаров на радиоактивной местности, на складах боеприпасов и пр.



Рис. 7.36. Роботизированный пожарный танк САС-100 «54» «Сойка»

#### 10.4. Противопожарные корабли

Противопожарные корабли (рис. 7.37) предназначены для борьбы с пожарами на кораблях и судах, а также на береговых объектах. Противопожарные корабли имеют водоизмещение 500–1000 т, скорость 12–20 уз. Основным средством пожаротушения служат водяные пожарные системы, состоящие из насосов производительностью до 10 тыс. м<sup>3</sup>/ч, пожарных лафетных стволов, обеспечивающих дальность подачи струи до 200 м, которые могут быть установлены по всей длине корпуса. Кроме того, противопожарные корабли оборудуются средствами пенотушения.

Противопожарные катера имеют водоизмещение от 20 до 500 т, скорость 10–15 уз, производительность насосов 2000–3000 м<sup>3</sup>/ч.



Рис. 7.37. Противопожарный корабль

В противопожарную систему катера ПЖК-415 (рис. 7.38) входят четыре лафетных ствола: два — с расходом по 220 м<sup>3</sup>/ч и два — по 500 м<sup>3</sup>/ч. Дальность подачи воды до 70 м. Для тушения пожаров пенной лафетные стволы производительностью 500 м<sup>3</sup>/ч снабжены съемными насадками. Система обслуживается двумя насосами с дизельным приводом (производительность по 750 м<sup>3</sup>/ч, давление



1,0 МПа). Кроме того, имеются 13 переносных пеногенераторов для создания пены средней кратности. Водоизмещение катера 320 т. Главная энергетическая установка обеспечивает кораблю ход до 12,5 уз. Гребные винты регулируемого шага позволяют длительное время поддерживать скорость 2–3 уз, что необходимо при маневрировании во время тушения пожара. Катер обладает хорошей управляемостью, способен удерживаться на месте даже в том случае, когда три лафетных ствола работают с одного борта.



Рис. 7.38. Катер ПЖК

На рис. 7.39 представлен пожарный катер Костромского завода КС-110-39 со стволом ЛСД-С150У.

КС-110-39 — пожарно-спасательный речной стальной катер с водометным двигателем класса «Р» по классификации Российского речного регистра. Катер предназначен для выполнения следующих задач:

- доставка к месту пожара боевого расчета, пожарно-технического вооружения, запаса огнетушащих веществ и комплекта аварийно-спасательного оборудования;
- подача в очаг пожара воды из открытого водоема через стационарный лафетный и ручные стволы;
- подача в очаг пожара воздушно-механической пены с забором пенообразователя из штатных пенобаков.

Пожарное оснащение катера состоит из стационарной водопенной установки и переносного пожарно-спасательного оборудования. Катер, благодаря своему оснащению, малой осадке, высокой маневренности, может эффективно использоваться как для тушения объектов на плаву, так и на-



Рис. 7.39. Противопожарный катер КС-110-39

ходящихся в прибрежной мелководной зоне и на берегу (до 800 м). По оценкам специалистов пожарно-спасательный катер может оказаться единственным возможным средством для тушения пожаров в условиях плотной городской застройки с ограниченной пропускной способностью автомагистралей, а также на объектах, труднодоступных для автотранспорта, островах, гидросооружениях, в лесных поселках и т. д.

## ГЛАВА 11. Пожарные лафетные стволы на вышках

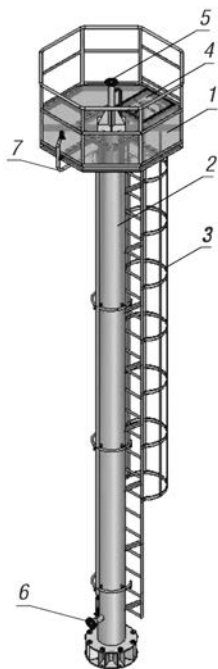


Рис. 7.40. Пожарная вышка

Для наружных пожароопасных объектов и высоких объектов пожарные лафетные стволы устанавливаются на вышках, изготовленных по специальным требованиям (рис. 7.40). Вышки выпускаются высотой от 2,5 до 28 м.

Вышка пожарная предназначена для установки на ней пожарных лафетных стволов с целью увеличения радиуса действия пожарного ствола, подачи воды на большую высоту, улучшения обзора и тушения объектов, закрытых другими сооружениями.

Вышка пожарная состоит из площадки обслуживания 1, пилона 2, лестницы 3, люка 4, стойки лафетного ствола 5 с трубопроводом, подводящего патрубка 6, системы охлаждения 7 (см. рис. 7.40).

Технические характеристики вышки высотой 10 м приведены ниже.

Присоединительные фланцы по ГОСТ 12820–80 . . . . .	1-80-10 ст.20
Климатическое исполнение по ГОСТ 15150–69 . . . . .	УХЛ1
Рабочее давление в трубопроводе вышки, МПа . . . . .	0,4–0,8
Максимально допустимая весовая нагрузка на площадку, кг . . . . .	400
Масса, кг . . . . .	635

На рис. 7.41 показан пожарный пост, установленный на острове Самойловском, в арктической зоне дельты р. Лена, для противопожарной защиты комплекса научно-исследовательской станции Института нефтегазовой геологии и геофизики. Лафетный ствол с дистанционным управлением ЛСД-С40У в морском исполнении на пожарной вышке позволяет защищать жизненно важные для полярников годовые запасы ГСМ, продовольствия и материалов.



Рис. 7.41. Самый северный пожарный пост на о. Самойловский, море Лаптевых

**Б**урное развитие электроники и информационных технологий в наступившем XXI веке, а также значительное снижение их стоимости в соотношении с «железом» оказывают значительное влияние на развитие всего технического прогресса. Значительные эволюционные изменения происходят и в пожарной



автоматике, неотъемлемой частью которой являются пожарные роботы. В наш век компьютерных технологий приоритет должен быть за интеллектуальными системами, реагирующими на реальное развитие событий, обеспечивающими функции саморегулирования и гибко перепрограммируемыми.

Следует отметить, что Россия является первой страной мира, где законодательно и нормативно введен новый вид автоматических установок пожаротушения (АУП) — *роботизированные установки пожаротушения (РУП)*. Они утверждены в федеральном законе <sup>1</sup> 123-ФЗ [30] и нормативных документах СП 5.13130.2009 [20] и ГОСТ Р 53326–2009 [42].

Пожарная робототехника прошла уже значительный путь эволюционного развития. В XX веке промышленные роботы широко внедрялись в производственные автоматизированные процессы. Разрабатывались также роботы для экстремальных сред, в том числе пожарные роботы. Участвовавшие техногенные катастрофы создали условия для ускорения разработки пожарных роботов с целью применения их в экстремальных условиях. С появлением практического опыта использования пожарных роботов начались исследования новых технологий пожаротушения, проводимые во ВНИИПО и Институте физико-технических проблем (г. Москва), в ГПИ «Спецавтоматика» (г. Ленинград) и Лаборатории пожарных роботов (г. Петрозаводск). В этих работах определялись основные показатели пожарных роботов, вводились новые термины и определения, выполнялись практические исследования по баллистике струй для выработки рекомендаций по применению. Были разработаны и внедрены первые РУП для защиты машинных залов

на Ленинградской АЭС и Петрозаводской ТЭЦ, Лесозавода <sup>1</sup> 3 в г. Архангельске.

Роботизированные установки пожаротушения — это, по сути, пожарные команды, состоящие из «железных» огнеборцев — пожарных роботов, объединенных единой системой управления для решения задач по обнаружению загораний в ранней стадии и пожаротушению.

Среди известных типов пожарных роботов, включая андроидные и мобильные, стационарные пожарные роботы на базе лафетных стволов нашли наиболее широкое применение. Технические требования к пожарным роботам данного типа определены в ГОСТ Р 53326–2009 [42].

Пожарные роботы отличаются от других установок пожаротушения возможностью с одной точки защищать большие площади — от 5 до 15 тыс. м<sup>2</sup> при расходах от 20 до 60 л/с соответственно. Водоснабжение осуществляется только по магистральной сети — без паутины распределительных сетей, характерных для спринклерных и дренчерных систем. Адресная доставка воды и пены производится по воздуху по всей защищаемой зоне непосредственно на очаг загорания, а не на расчетную площадь, определенную проектом раз и навсегда. При этом за счет дозированной подачи соблюдается требуемая интенсивность орошения. Такие технические возможности роботизированных систем позволяют гибко реагировать на различные сценарии развития пожара. Пожарные роботы могут быть оснащены ИК-сканерами для автоматического обнаружения загорания и ТВ-камерами для видеоконтроля. Чувствительность обнаружения очага загорания составляет 0,1 м<sup>2</sup>, а быстродействие — секунды; при этом определяются координаты размеров очага загорания в трехмерной системе координат.

Два пожарных робота и более, объединенных информационной магистралью с устройством сопряжения с объектом и устройством управления, формируют новый вид автоматических установок пожаротушения — роботизированные установки пожаротушения. Вся информация о пожаротушении регистрируется видеокамерами с ведением электронного протокола последовательности действий. В дежурное время система самотестируется и сообщает о необходимости коррекции по указанному адресу, поддерживая РУП в постоянной боевой готовности.

РУП отличаются высоким быстродействием, эффективностью, экономичностью. Уникальной особенностью данной системы является возможность концентрации всей мощности подачи огнетушащего вещества на очаг возгорания в начальной стадии развития пожара.

Весь комплекс оборудования РУП серийно производится в России на Заводе пожарных роботов, выпускающем продукцию, сертифицированную в Системе стандартов пожарной безопасности и ГОСТ Р и соответствующую требованиям Российского морского регистра и взрывозащиты по условиям

объектов применения. Разработанные технические решения по технологии пожаротушения с применением робототехники не имеют аналогов за рубежом и являются российским ноу-хау. Новизна технических решений подтверждена патентами.

В настоящее время уже сотни объектов в России и СНГ оснащены пожарными роботами. К ним относятся ангары для самолетов в Шереметьево и Внуково, объекты КТК-Р в Новороссийске, резервуарный парк нефтепродуктов ТНК-ВР, киноконцертный зал «Крокус» в Москве. РУП во взрывозащищенном исполнении установлены на объектах Роскосмоса, причальном комплексе для перегрузки нефти «Витино» в Мурманской обл., морском нефтепорте в Новороссийске, на складе серы в Усть-Луге и т. д.

В этой части книги рассматриваются роботизированные установки пожаротушения для пожарной автоматики, относящиеся к классу автоматических установок пожаротушения, выполненных на базе стационарных пожарных роботов.

## **ГЛАВА 1. Основные понятия, определения и требования к пожарным роботам**

Пожарный робот по квалификации ГОСТ 25686–85 [5] — промышленный робот специального назначения, представляющий собой автоматическую машину стационарной установки, со 2-й или 3-й степенью подвижности, манипулирующую в сферической системе координат рабочим органом — стволом, имеющую перепрограммируемое программное устройство.

Пожарный робот, так же как и промышленный, включает в себя манипулятор с мехатронной системой, сенсорную часть, систему управления и сеть управления.

*Манипулятор* — механизм управления пространственным положением рабочего органа, состоящий из подвижных звеньев с мехатронной системой. Для приведения звеньев в движение может использоваться электрический, гидравлический или пневматический привод. Конструкция подвижных звеньев пожарных роботов обеспечивает возможность перемещения в них потока жидкой среды под давлением. Частью манипуляторов является рабочий орган. У пожарных роботов рабочим органом служит ствол с насадком, управляющим формой струи.

Мехатронная система является объединением электромеханических компонентов с силовой электроникой, которые управляются с помощью различных микроконтроллеров. При этом система строится как можно более монолитно, без использования лишних интерфейсов между модулями, с применением встроенных непосредственно в микроконтроллеры АЦП,

интеллектуальные силовые преобразователи и т. п. Это уменьшает массу и размеры системы, повышает ее надежность и дает некоторые другие преимущества.

Положения рабочего органа в пространстве, данные окружающей среды определяются *сенсорной частью* системы — датчиками положения, давления, ИК-датчиками. Сигналы, передаваемые датчиками, анализируются, и в зависимости от результатов принимается решение о дальнейших действиях, переходе к следующему этапу работ.

*Система управления* пожарного робота строится на основе принципов обратной связи, подчиненного управления и иерархичности системы управления роботом.

Подчиненное управление служит для построения системы управления приводом. Если необходимо построить систему управления приводом по положению (например, по углу поворота звена манипулятора), то система управления замыкается обратной связью по положению, а внутри системы управления по положению функционирует система управления по скорости со своей обратной связью по скорости, внутри которой существует контур управления по току со своей обратной связью.

Иерархия системы управления роботом подразумевает деление системы управления на горизонтальные слои, управляющие общим поведением робота, расчетом необходимой траектории движения манипулятора, поведением отдельных его приводов, и слои, непосредственно осуществляющие управление двигателями приводов.

В современных роботах организация обмена информацией и передача управляющих команд по каналу связи выполняются сетью управления в принятой системе интерфейса (RS-232, RS-485).

В книге применены термины с определениями, базирующиеся на ГОСТ Р 53326–2009 [42], Техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности (ст. 116) [30], СП 5.13130.2009 [20], ТУ 4854-005-16820082-2005.

## 1.1. Термины и определения

*Пожарный робот* (ПР) — автоматическое устройство, манипулирующее пожарным стволом в сферической системе координат, на базе стационарного лафетного ствола с дистанционным управлением (ЛСД), с фиксированной или подвижной установкой (мобильные ПР — базируемые на транспортном средстве), с устройством обнаружения загорания или без него и устройством программного управления ПР, входящее в состав автоматической установки пожаротушения (АУП), соединенное с другими устройствами АУП информационным каналом связи, предназначенное для тушения и локализации пожара.

*Роботизированная установка пожаротушения (РУП)* — автоматическая установка пожаротушения автономная, включающая два и более ПР, систему определения координат загорания в трехмерной системе координат, устройство сопряжения с объектом и управления комплексом, информационные каналы связи, предназначенная для тушения и локализации пожара.

*Установка пожаротушения роботизированная позиционно-мобильная (УПРМ)* — установка пожаротушения, включающая в себя ПР с подвижной установкой для перемещения по заранее подготовленной траектории к месту пожара с позиционированием в рабочей точке.

*Ствол* — рабочий орган ПР для формирования струи огнетушащего вещества.

*Огнетушащее вещество (ОТВ)* — вода, пена, порошок и т. п., применяемые в ствольной технике.

*Привод ствола* — исполнительный механизм ПР для наведения ствола.

*Затвор* — устройство на вводе ПР, подключенное к системе водоснабжения для открытия и перекрытия подачи воды в ПР.

*Степени подвижности стационарного ПР с фиксированной установкой:*

- *2-й степени подвижности* — манипулирование стволом в сферической системе координат относительно фиксированного центра вращения ствола;
- *3-й степени подвижности* — манипулирование стволом в сферической системе координат относительно перемещаемого центра вращения ствола, например введением дополнительного шарнирного соединения.

*Степени подвижности стационарного ПР с подвижной установкой* — 2-й или 3-й степени подвижности, как для ПР с фиксированной установкой, и дополнительной степени подвижности для локального перемещения ПР по заранее подготовленной траектории к месту пожара с подачей огнетушащих веществ из возимого резервуара или из внешнего питающего устройства при позиционировании в рабочих точках.

*Рабочая точка* — местоположение ПР с подвижной установкой, с которого производится подача огнетушащих веществ из возимого резервуара или из внешнего питающего устройства.

*Рабочая зона* — зона, контролируемая устройствами обнаружения загорания и находящаяся в радиусе действия струи ПР.

*Устройство обнаружения загорания в ИК-диапазоне (ИК)* — устройство, идентифицирующее пламя в ИК-диапазоне и передающее угловые координаты очага загорания.

*Система определения координат очага загорания в трехмерной системе координат* — система, включающая в себя два и более устройств обнаружения загорания в составе ПР, установленных на расстоянии друг от друга, передающих информацию о загорании по каналу связи в устройство определения координат загорания, которое по полученным данным и расчетным программам формирует информацию о координатах загорания в трехмерной системе координат для формирования управляющих команд на наведение ПР с учетом дальности очага загорания и дальности подачи струй.

*Телевизионная система (ТВ)* — система телевизионного контроля за объектом защиты, включающая телекамеру, установленную на ПР, перемещаемую в направлении струи вместе со стволом, видеоконтрольное устройство и устройство для регистрации видеоизображений в помещении пультовой на рабочем месте оператора.

*Устройство программного управления ПР* — устройство управления ПР для обработки информации, поступающей по каналу связи от устройства управления РУП, организации следящей системы по положению рабочих органов и формирования и выдачи управляющих команд ПР.

*Устройство программного управления РУП* — устройство управления РУП в соответствии с управляющей программой, определяющей функционирование ПР и других устройств РУП по пожаротушению в соответствии с информацией от технических средств РУП и объекта.

*Устройство сопряжения с объектом (УСО)* — устройство в составе РУП, содержащее информацию об объекте, координатах ПР, установленных на объекте, и служащее для организации обмена информацией РУП с техническими средствами объекта: системой пожарной сигнализации, насосной, вентиляцией и др., может быть объединено с устройством программного управления РУП для формирования и выдачи управляющих команд в соответствии с управляющей программой

*Пульт дистанционного управления (ПДУ)* — пульт управления, формирующий управляющие команды на приводы ПР, находящийся на расстоянии от ПР.

*Сетевой контроллер (СК)* — устройство для организации обмена информацией и передачи управляющих команд по каналу связи в принятой системе интерфейса.

*Блок питания* — устройство для преобразования переменного напряжения промышленной сети в постоянное стабилизированное низкое напряжение в целях электробезопасности.

*Программное управление* — автоматическое управление ПР по заранее введенной программе.



*Позиционное управление* — управление ПР, при котором движение его рабочего органа (насадка, пеногенератора) происходит по заданным точкам позиционирования без контроля траектории движения между ними.

*Контурное управление* — управление ПР, при котором движение его рабочего органа (насадка, пеногенератора) происходит по заданной траектории.

*Программирование обучением* — программирование ПР, при котором составление и ввод управляющей программы осуществляются оператором при помощи движения непосредственно пожарного ствола ПР.

*Управляющая программа* — выполняет управление РУП, включает совокупность команд, определяющих функционирование ПР и других устройств РУП по пожаротушению, в соответствии с регламентированной информацией от технических средств объекта или оператора.

*Оперативная программа управления* — управляющая программа, формируемая непосредственно на рабочем месте с учетом конкретных факторов пожара (размеров очага горения, вида горючего), направления и дальности подачи огнетушащего вещества.

*Сканирование* — управляемое по определенной программе цикличное движение ствола ПР.

*Режимы работы РУП* — основные регламентированные процессы работы РУП, к которым относятся автоматический, автоматизированный, дежурный, дистанционный и ручной режимы.

*Автоматический режим* — автоматическая работа РУП, включающая в себя автоматический запуск РУП после получения сигнала «Пожар», автоматический поиск и определение координат очага загорания, автоматическое пожаротушение.

*Автоматизированный режим* — работа РУП под контролем оператора, который после получения светового и звукового сигнала «Пожар» принимает решение о запуске РУП в автоматическом режиме, вносит корректирующие действия в работу РУП, переходит на оперативное управление.

*Дежурный режим* — режим ожидания запуска в автоматическом режиме, при котором ПР находятся в рабочей зоне в исходном положении, а состояние готовности РУП к работе контролируется тестовыми программами.

*Дистанционный режим* — управление РУП осуществляется с пульта дистанционного управления при пусконаладочных работах и оперативном управлении непосредственно на объекте по визуальному контролю.

*Ручной режим* — управление ПР осуществляется органами ручного управления на ПР при пусконаладочных работах и при аварийном отключении сети электроснабжения.

*Работа на холостом ходу* — наведение ствола ПР без подачи ОТВ.

*Работа под нагрузкой* — наведение ствола ПР с подачей ОТВ.

## 1.2. Основные технические требования

*Технические требования к ствольной части ПР* в соответствии с ГОСТ Р 53326–2009 [42] должны быть не менее нормируемых для ЛСД по ГОСТ Р 51115–97 [11]. Это относится к таким техническим показателям, как рабочее давление, расход огнетушащего вещества, дальность подачи, кратность пены, угол перемещения ствола, угол факела распыления струи (эти показатели приведены также в ч. 7, табл. 7.4).

*Средняя интенсивность орошения* при строчном сканировании определяется как отношение общего расхода двух ПР (л/с) к площади зоны орошения (м<sup>2</sup>) за время длительности цикла и должно быть не менее нормируемой интенсивности орошения, установленной для дренчерных систем.

*Угловая скорость наведения* пожарного ствола ПР на холостом ходу должна быть не менее 9 град/с.

*Угловая скорость сканирования* пожарным стволом ПР при подаче огнетушащего вещества должна быть не более 3 град/с.

*Погрешность наведения ПР* на соответствие заданной координате должна быть не более 2°.

*Уровень жесткости и устойчивости конструкции* должен исключать отклонение струи в результате действия сил реакции струи на ПР.

*Климатическое исполнение ПР* должно отвечать требованиям ГОСТ 15150–69 и соответствовать категориям: У1 — для объектов общего назначения; УХЛ1 — для установки на открытом воздухе; ОМ — в морском исполнении.

*Пылевлагозащищенность*: по степени пылевлагозащищенности оболочки электрооборудования ПР должен выполняться по ГОСТ 14254–96 и соответствовать: IP65 — для наружных установок, IP55 — для внутренних установок; допускается IP45 для внутренних установок шкафов и пультов управления.

*Продолжительность непрерывной работы* в режиме подачи огнетушащего вещества должна быть не менее 3 ч.

*Количество управляющих программ* должно быть не менее 8 (одна из программ оперативная).

*Одновременное движение приводов*: в ПР должна быть предусмотрена возможность одновременного движения ствола по всем степеням подвижности.

*Управление по кольцевой схеме*: все внешнее оборудование, подключаемое к каналу связи, должно иметь два входа-выхода и соединяться по кольцевой схеме.

*Программирование при контурном управлении* должно осуществляться манипуляцией ствола по требуемой траектории.

*Программирование при позиционном управлении:*

– для орошения по заданной площади должно осуществляться путем регистрации координат двух взаимно диагональных точек растра построчного сканирования и шага сканирования;

– для движения по траектории должно осуществляться путем регистрации точек заданной траектории движения ствола.

*Связь с пожарной сигнализацией:* в РУП должна быть предусмотрена возможность приема сигналов от технических средств пожарной сигнализации.

*Дистанционное и ручное управление РУП:* ПР и затворы должны иметь дистанционное и ручное управление. В труднодоступных местах установки ПР допускается применение только дистанционного управления при условии 100 %-ного резервирования защищаемой зоны другими ПР. Дистанционное управление может иметь как проводное, так и беспроводное исполнение.

*Длительность цикла программы ПР* должна быть не более 1 мин.

*Чувствительность устройства обнаружения загорания* должна обеспечивать обнаружение тестового очага пламени (по ГОСТ Р 53326–2009 [42]) площадью 0,1 м<sup>2</sup> на расстоянии не менее 20 м.

*Погрешность наведения ствола ПР на очаг загорания* при сканировании в горизонтальной и вертикальной плоскостях должна быть не более 5°.

*Быстродействие (инерционность) РУП* от сигнала «Тревога» системы пожарной сигнализации до начала пожаротушения (подачи воды) должно быть не более 20 с.

*Средняя интенсивность орошения* при строчном сканировании определяется как отношение общего расхода двух ПР (л/с) к площади зоны орошения (м<sup>2</sup>) за время длительности цикла и должно быть не менее нормируемой интенсивности орошения, установленной для дренчерных систем.

*Энергонезависимая память* должна сохранять:

– текущие координаты положения приводов ПР;

– ограничительные координаты на перемещение приводов.

*Контроль давления ОТВ:* на каждом ПР должен быть установлен датчик давления ОТВ.

## ГЛАВА 2. Классификация и технические характеристики пожарных роботов и РУП

### 2.1. Классификация пожарных роботов и РУП

Пожарные роботы подразделяются следующим образом:

1) по *типу применяемого ЛСД* (по ГОСТ Р 51115–97 [11]) — с расходом от 15 до 330 л/с;

2) по *способу базирования ЛСД* (по ГОСТ Р 51115–97 [11]):

- стационарные, с фиксированной установкой (С);
  - с подвижной установкой: переносные (П), возимые (В), мобильные (М);
- 3) по месту монтажа:
- напольные;
  - подвесные;
  - настенные;
- 4) по форме струи:
- с распыленной водяной и пенной струей, с изменяемым углом факела распыления — универсальные (У);
  - со сплошной струей (без индекса У);
  - с плоской струей, формируемой насадком с плоским дефлектором (Упд);
- 5) по регулированию расхода:
- с автоматическим регулированием расхода (Уа);
  - с импульсной подачей ОТВ, перекрывные (Уи);
  - без автоматического регулирования расхода (У);
- 6) с эжектированием пенообразователя (Уэ);
- 7) по конструктивному исполнению:
- трубной конструкции с верхней установкой ствола У;
  - трубной конструкции с нижней установкой ствола (Ун);
  - шаровой конструкции (Уш);
  - с 3-й степенью подвижности, с перемещением центра вращения ствола в вертикальной плоскости в верхнюю и нижнюю позиции (Увн);
  - с 3-й степенью подвижности, с перемещением центра вращения в горизонтальной плоскости поворотным устройством (Упу);
  - с защитным экраном (Узэ);
  - взрывозащищенные (У-Ех);
- 8) по виду привода:
- электрические;
  - гидравлические;
  - пневматические;
- 9) по виду устройств обнаружения загорания и видеонаблюдения:
- с устройством обнаружения загорания в ИК-диапазоне (ИК);
  - с устройством обнаружения загорания в ИК-диапазоне и телекамерой (ИК-ТВ);
  - с устройством технического зрения на базе телекамеры (ТВ-УТЗ);
  - без устройств обнаружения загорания.

Пример обозначения по ГОСТ Р 53326–2009 [42] ПР с лафетным стволом (ЛСД), с расходом 20 л/с (20), универсальным шаровым (Уш), с устрой-

ством обнаружения загорания в ИК-диапазоне (ИК), с ТВ-камерой (ТВ): *ПР-ЛСД-С20У-ИК-ТВ*.

РУП подразделяются:

- по количеству ПР, входящих в состав РУП;
- по типу ПР, входящих в состав РУП;
- по виду устройств обнаружения загорания и видеонаблюдения.

Пример обозначения по ГОСТ Р 53326–2009 [42] РУП на 6 ПР с лафетными стволами (ЛСД), с расходом 20 л/с (20), универсальными шаровыми (Уш), с устройствами обнаружения загорания в ИК-диапазоне (ИК), с ТВ-камерами (ТВ): *РУП-6ПР-ЛСД-С20У-ИК-ТВ*.

## 2.2. Основные технические характеристики пожарных роботов

Основные технические характеристики пожарных роботов и РУП приведены в табл. 8.1 и 8.2.

Таблица 8.1

### Основные технические характеристики пожарных роботов

Í îæàðàðüü	Õðàæðàððèððèèà ïîæàçàðàæü äëü ïîæàðíüð ðíáíðîíà			
	ÏÐ-ËÑÄ-Ñ20Ó-ÈË-ÒÁ	ÏÐ-ËÑÄ-Ñ40Ó-ÈË-ÒÁ	ÏÐ-ËÑÄ-Ñ60Ó-ÈË-ÒÁ	ÏÐ-ËÑÄ-Ñ100Ó-ÈË-ÒÁ
Ñèððàí à èíîðàè ïàð	Ñðàððè-àíèàü			
Ðàáí÷èè ïðàáí	Ñðàíè ñ íàíàèèí, ñ èçíáíüáí ù ï óæèí ðàíí ùèáíèü			
Ñèíðòíðü äàèæáíèü, ãðàá/ñ: íà òíèíðòí òíáó, íà ïáíáá ïðè ïíàà-á ÌÒÁ	9		3	
Í î è í à æ ü í á ä ä æ í è á, Ì Ì à	0,6		0,8	
Ðàáí÷áá äàèæáíèà, Ì Ì à	0,4-0,8		0,6-1,0	
Ðàíðîíà áíáù, è/ñ	20	40	60	100
Ðàíðîíà áíáííáí ðàíðàíðà ïáííáðàçíáðàæü, è/ñ	20	40	60	100
Óíðàííáí÷íúè òèáíáð	Äó 80			Äó 100
Äèíáðð ðàçüáü íàíàèèà	G2 1/2"		G3 1/2"	



ется в расчетах зон эффективной подачи струи. Карты орошения в вертикальной плоскости в зоне эффективной подачи струи определяются по траекториям струй эффективной дальности, которые приведены на рис. 8.1.

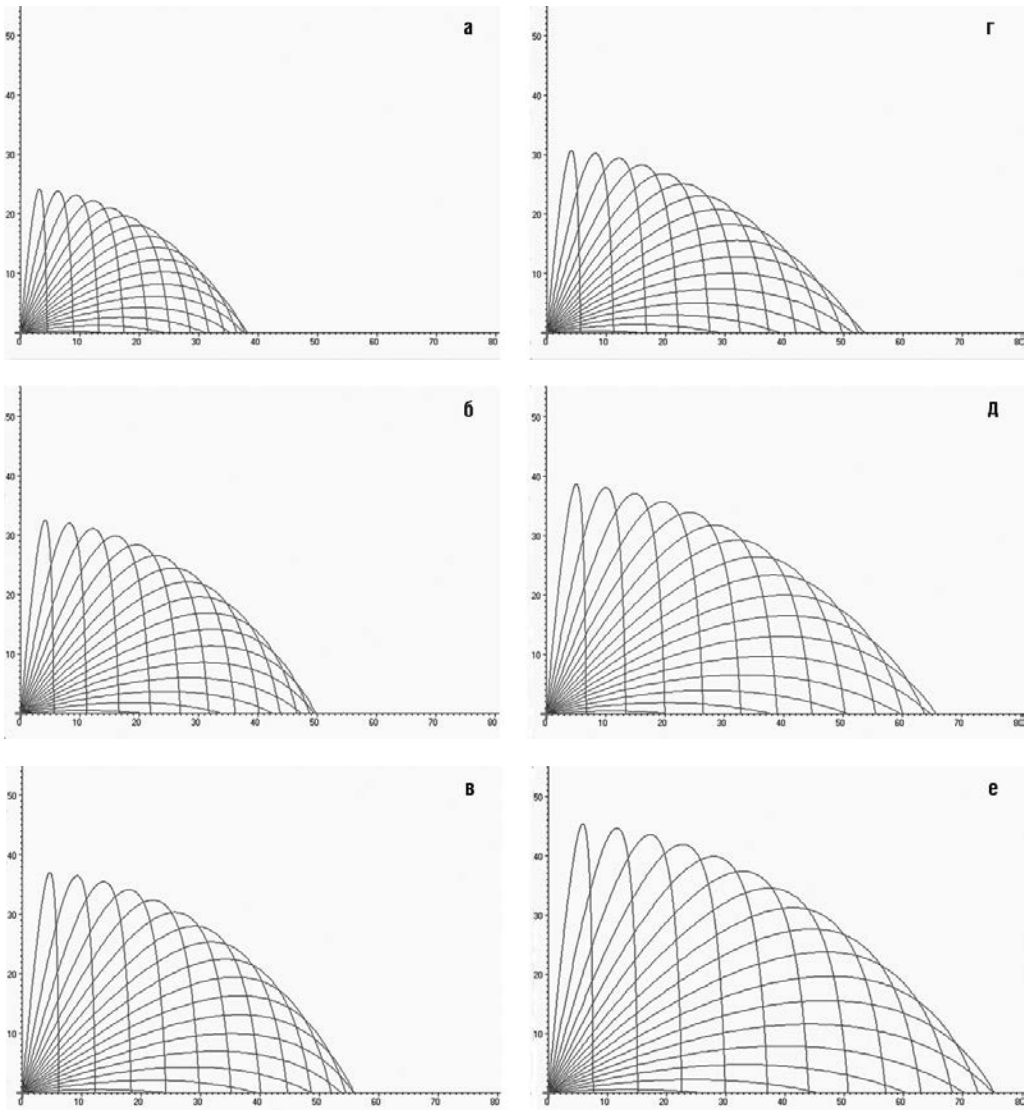


Рис. 8.1. Траектории струй эффективной дальности при разных расходах  $q$ , углах наведения и давлениях  $P$ : а —  $q = 20$  л/с,  $P = 0,4$  МПа; б —  $q = 20$  л/с,  $P = 0,6$  МПа; в —  $q = 20$  л/с,  $P = 0,8$  МПа; г —  $q = 40$  л/с,  $P = 0,4$  МПа; д —  $q = 40$  л/с,  $P = 0,6$  МПа; е —  $q = 40$  л/с,  $P = 0,8$  МПа

Таблица 8.2

**Основные технические характеристики РУП**

Греческий текст	Русский текст
Είσε-άνοαί ΪΘ α níηδααά ΔΌ Ϊ	Ϊδ 2 αί 32
Όει è òàðàèðàðèñòèèè òñòðíéñòà ñâyçè ΔΌ Ϊ: è íðàððòáéñ ñéíðíñòù íàðáàà÷-è, áíä ðèí ñâyçè áèè íà èè íèè ñâyçè, ì	RS-485 57600 Ϊ íèòáóíèáèñ 1000
Ñèñòà íà àèαáí íαáèρ ðááíèÿ	ÒÁ-èàí àðà á àèαè ì ì àèàíáçííá
Όñòðíéñòáí íáíáðòáèáíèÿ çááíðáíèÿ	ÈÈ-ñèáíáð
×òáñòáèðàèüííñòù íáíáðòáèáíèÿ ðáñòíáí-áí í-áàà íèàíáíè íèíùáäüρ 0,1 ì <sup>2</sup> , ì, íá ìáíáá	20
Ϊðíáíèæèðàèüííñòù íáíðáðòáííè ðááíðòù ñ ííà-áè ΪÒÁ, ÷, íá ìáíáá	3
Äèèðàèüííñòù òèèèà íðíáðàì ì ù ΪΘ, ì è í, íá áíèáá	1
Ϊíáðáø íñòù íááááíèÿ ñòáíèà ΪΘ íá í-áá çááíðáíèÿ ìðè ñèáíèðíááíèè á áíðèçíí-ðàèüííè è ááððèèàèüííè íèíèñòòò, áðáá, íá áíèáá	5
Ýáèèððíííááæáíèà òñòðíéñòá ΔΌ Ϊ	~ 220 Á, 50 Äö, 1-ÿ èàðááíðèÿ íáááæííèðè
Áñòðíááèñòáèà íð ñèáíáèà «Òðááíáá» ñèñ-ðáì ù ííæáðííè ñèáíáèèçàòèè áí íá-àèà ííæáðíðòòáíèÿ, ñ, íá áíèáá	20
Ñðááíÿÿ è íðáíñèáííñòù íðí øáíèÿ ìðè íðí-øáíèè ñòðí-íí ù ñèáíèðíááíèáí	Íá ìáíáá ííðíèðòáííè è íðáíñèáííñòè íðí øá-íèÿ, òñòáííáèáííè èÿÿ áðáí-áðííòò ñèñòàì

**ГЛАВА 3. Номенклатура выпускаемых пожарных роботов и комплектность поставки**

Номенклатура выпускаемых пожарных роботов и комплектность их поставки приведены в табл. 8.3 и 8.4.



Таблица 8.3

**Номенклатура выпускаемых пожарных роботов и РУП**

Ἐπιτελεῖσθαι	Διάνοια, ε/ν; ἀσπίδα εἰς ἀπὸ ΕἼ			
	20; 3"	40; 3 1/2"	60; 3 1/2"	100; 4"
<b>Ἰξεῶδες ἡ δίαίθου πᾶσιν ἰαδὶ ἡ ἀίαυαῖδῖι ὁ εἰσὶ ἰ ἐπιτελεῖσθαι</b>				
Ἄσπις ἐπιτελεῖσθαι ἡ δίαίθου	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν200	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν400	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν600	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν1000
ἸΔ-ΕΝΑ-Ν200-ΕΕ	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν200-ΕΕ	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν400-ΕΕ	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν600-ΕΕ	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν1000-ΕΕ
ἸΔ-ΕΝΑ-Ν200-ΕΕ-ΟΑ	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν200-ΕΕ-ΟΑ	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν400-ΕΕ-ΟΑ	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν600-ΕΕ-ΟΑ	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν1000-ΕΕ-ΟΑ
ἸΔ-ΕΝΑ-Ν200ΟΑΙ-ΕΕ-ΟΑ	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν200ΟΑΙ-ΕΕ-ΟΑ	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν400ΟΑΙ-ΕΕ-ΟΑ	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν600ΟΑΙ-ΕΕ-ΟΑ	
ἸΔ-ΕΝΑ-Ν200ΟΙ6-ΕΕ-ΟΑ	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν200ΟΙ6-ΕΕ-ΟΑ	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν400ΟΙ6-ΕΕ-ΟΑ	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν600ΟΙ6-ΕΕ-ΟΑ	
ἸΔ-ΕΝΑ-Ν200Ο-ΟΑ-ΟΟÇ	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν200Ο-ΟΑ-ΟΟÇ	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν400Ο-ΟΑ-ΟΟÇ	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν600Ο-ΟΑ-ΟΟÇ	
<b>Ἰξεῶδες ἡ δίαίθου ἰαδὶ ἡ ἀίαυαῖδῖι ὁ εἰσὶ ἰ ἐπιτελεῖσθαι</b>				
ἸΔ-ΕΝΑ-Ἰ200	ἸΔ-ΕΝΑ-Ἰ400	ἸΔ-ΕΝΑ-Ἰ600		
<b>Ἰξεῶδες ἡ δίαίθου πᾶσιν ἰαδὶ ἡ ἀίαυαῖδῖι ὁ εἰσὶ ἰ ἐπιτελεῖσθαι</b>				
ἸΔ-ΕΝΑ-Ν200-Αδ2	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν400-Αδ2	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν600-Αδ2	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν1000-Αδ1	
ἸΔ-ΕΝΑ-Ν200-ΕΕ-ΟΑ-Αδ2	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν400-ΕΕ-ΟΑ-Αδ2	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν600-ΕΕ-ΟΑ-Αδ2	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν1000-ΕΕ-ΟΑ-Αδ1	
ἸΔ-ΕΝΑ-Ν200-ΟΑ-ΟΟÇ-Αδ2	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν400-ΟΑ-ΟΟÇ-Αδ2	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν600-ΟΑ-ΟΟÇ-Αδ2	ἸΔ-ΕΝΑ-Ν1000-ΟΑ-ΟΟÇ-Αδ1	
<b>Δίαίθετες ἡ δίαίθου ἰαδὶ ἡ ἀίαυαῖδῖι ὁ εἰσὶ ἰ ἐπιτελεῖσθαι</b>				
ΔΟ Ἰ-2(32) ἸΔ-ΕΝΑ-Ν20(100)Ο				
ΔΟ Ἰ-2(32) ἸΔ-ΕΝΑ-Ν20(100)Ο-ΕΕ				
ΔΟ Ἰ-2(32) ἸΔ-ΕΝΑ-Ν20(100)Ο-ΕΕ-ΟΑ				





Обозначение ПР принято по классификации, приведенной в подразд. 2.1. Общий вид ПР в соответствии с выпускаемой номенклатурой изделий (см. табл. 8.3) представлен на рис. 8.2, а их технические характеристики — в табл. 8.1. ПР комплектуются лафетными стволами ЛСД с приводами для регулирования угла факела распыления водяной или пенной струи. Управление наведением ствола и угла факела распыления струи осуществляется от пульта дистанционного управления по проводной или беспроводной (по радиоканалу) связи. Предусматривается устройство стабилизации потока для повышения дальности. ЛСД изготавливаются из тонкостенной нержавеющей стали и литейных алюминиевых сплавов. По требованию заказчика ЛСД выпускаются с верхней или нижней установкой ствола, а также в шаровом исполнении.

#### 4.1. Пожарные роботы с программным управлением

Общий вид и схема ПР с программным управлением представлены на рис. 8.3.

ПР состоит (см. рис. 8.3) из стойки с фланцем 1, входного патрубка 2, выходного патрубка 3, насадка 4. Стойка с фланцем, входной и выходной патрубки соединены между собой шарнирными соединениями с уплотнительными манжетами. К выходному патрубку присоединен потокоформирующий насадок. Вращательное перемещение ствола в горизонтальной и вертикальной плоскостях осуществляется мотор-редукторами 10 с инкрементальными энкодерами для организации обратной связи по положению

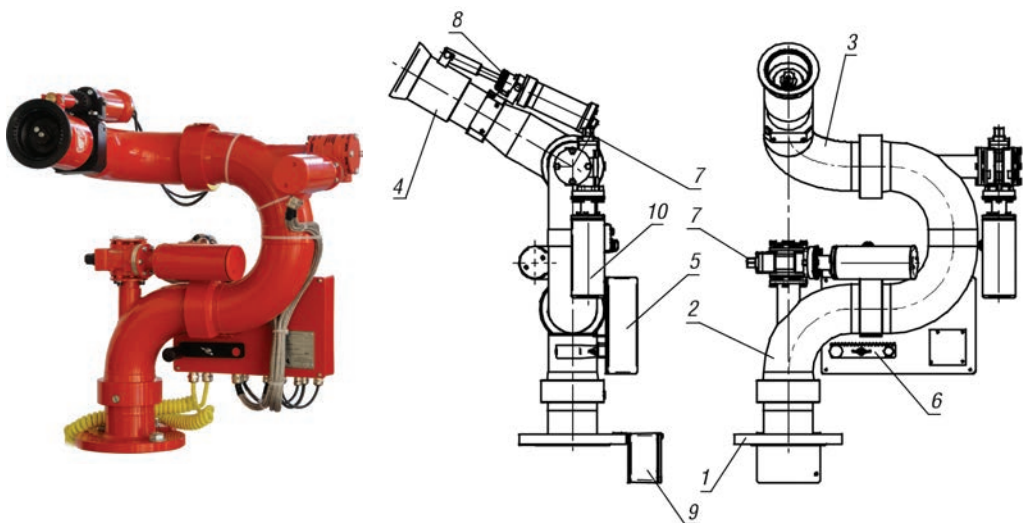


Рис. 8.3. Пожарный робот ПР-АСД-С20У

и скорости. Управление ПР осуществляется по программе в автоматическом режиме от устройства сопряжения с объектом (УСО), или в дистанционном режиме от ПДУ, подключенного к блоку управления 5, или вручную съемной рукояткой 6, устанавливаемой на валы 7. Возвратно-поступательным движением корпуса насадки обеспечивается полное управление струей — от сплошной до распыленной (с углом факела 90°). В ручном режиме насадок управляется поворотом шестеренки 8 с помощью зубчатой рейки на рукоятке 6. Кабели управления и питания ПР подводятся к монтажной коробке 9. Более подробно с работой ПР можно ознакомиться в описании работы УСО и ПДУ.

#### 4.2. Пожарный робот с устройством обнаружения загорания в ИК-диапазоне

Общий вид и схема пожарного робота ПР-ЛСД-С40У-ИК приведены на рис. 8.4.

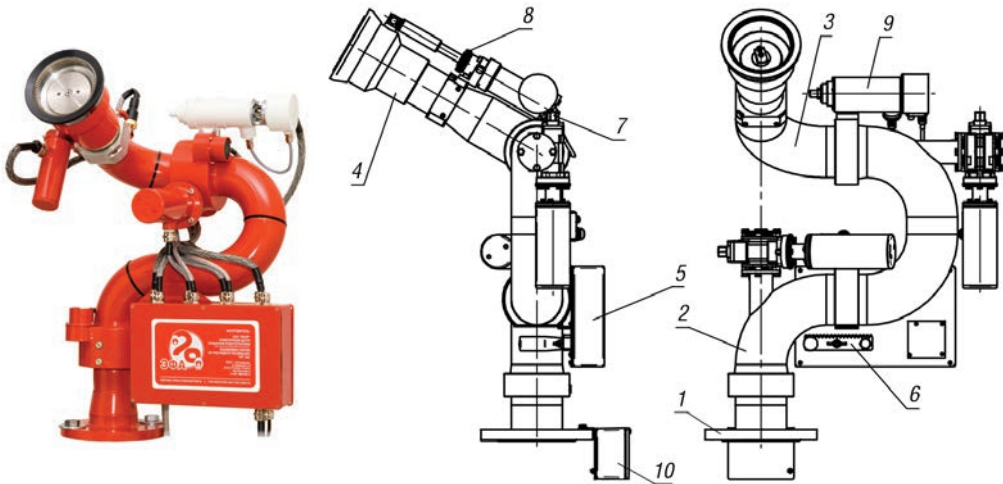


Рис. 8.4. Пожарный робот ПР-ЛСД-С40У-ИК

ПР состоит (см. рис. 8.4) из стойки с фланцем 1, входного патрубка 2, выходного патрубка 3, насадка 4. Стойка с фланцем, входной и выходной патрубками соединены между собой шарнирными соединениями с уплотнительными манжетами. К выходному патрубку присоединен потокоформирующий насадок. Управление ПР осуществляется по программе в автоматическом режиме от УСО, или в дистанционном режиме от ПДУ, подключенного к блоку управления 5, или вручную рукояткой 6, устанавливаемой на валы 7. Для обнаружения очага возгорания на выходном патрубке установлен ИК-сканер 9 с узконаправленным приемником ИК-излучения. Воз-

вратно-поступательным движением корпуса насадка обеспечивается полное управление струей — от сплошной до распыленной (с углом факела  $90^\circ$ ). В ручном режиме насадок управляется поворотом шестеренки 8 с помощью зубчатой рейки на рукоятке 6. Кабели управления и питания ПР подводятся к монтажной коробке 10. Более подробно с работой ПР можно ознакомиться в описании работы УСО и ПДУ.

### 4.3. Пожарный робот с устройством обнаружения загорания в ИК-диапазоне и телекамерой

Общий вид и схема пожарного робота ПР-ЛСД-С40У-ИК-ТВ приведены на рис. 8.5.

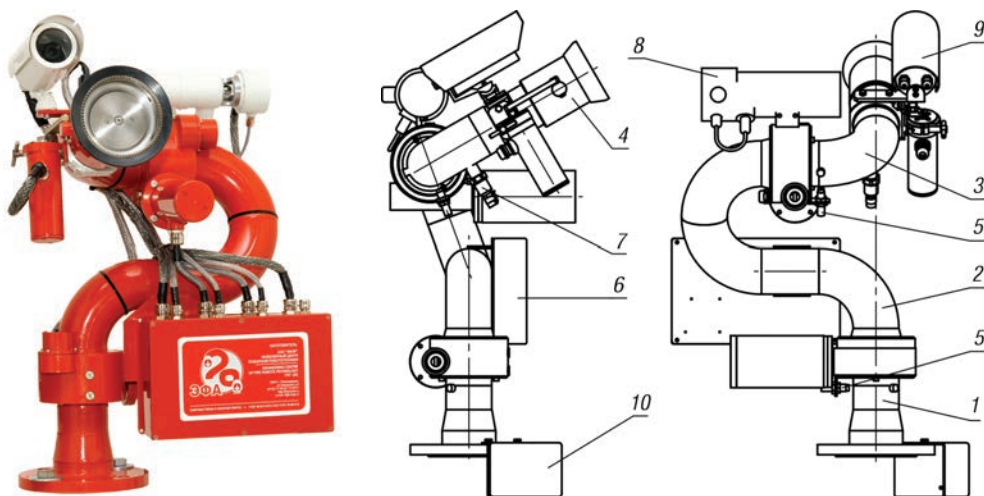


Рис. 8.5. Пожарный робот ПР-ЛСД-С40У-ИК-ТВ

ПР состоит (см. рис. 8.5) из стойки с фланцем 1, входного патрубка 2, выходного патрубка 3, соединенных между собой шарнирными соединениями с уплотнительными манжетами. К выходному патрубку 3 присоединен потокоформирующий насадок 4. Управление ПР осуществляется по программе в автоматическом режиме от УСО, или в дистанционном режиме от ПДУ, подключенного к блоку управления 6, или вручную рукояткой, устанавливаемой на валы мотор-редукторов. Получение информации о положении ПР в пространстве осуществляется позиционными датчиками 5. Для обнаружения очага возгорания на выходном патрубке установлен ИК-сканер 8 со сканирующим узконаправленным приемником ИК-излучения с шаговым двигателем. Видеоконтроль на выходном патрубке осуществляется телевизионной камерой 9. Давление воды перед насадком измеряется

датчиком давления 7. Насадок 4 возвратно-поступательным движением корпуса по команде с пульта дистанционного управления обеспечивает полное управление струей — от сплошной до распыленной (с углом факела 90°). Кабели управления и питания ПР подводятся к монтажной коробке 10. Более подробно с работой ПР можно ознакомиться в описании работы УСО и ПДУ.

#### 4.4. Пожарный робот с 3-й степенью подвижности, с поворотом центра вращения ствола по горизонтали

Общий вид и схема пожарного робота ПР-ЛСД-С20Уш-ИК-ТВ приведены на рис. 8.6.

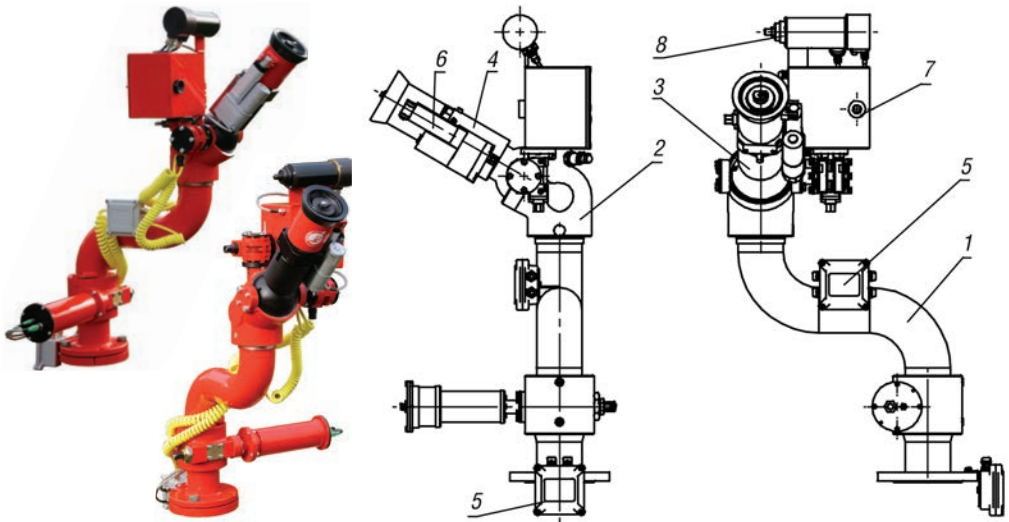


Рис. 8.6. Пожарный робот ПР-ЛСД-С20Уш-ИК-ТВ

ПР (см. рис. 8.6) состоит из механизма поворота 1, корпуса 2, шара с присоединительным штуцером 3, потокоформирующего насадка 4, блока управления 5, привода насадка 6, видеокamеры 7 и ИК-сканера 8. Механизм поворота, корпус и шар со штуцером соединены между собой шарнирными соединениями с уплотнительными элементами. Управление ПР осуществляется в автоматическом режиме от УСО или дистанционном режиме от ПДУ (на схеме не показан), подключенного к блоку управления 5. Для обнаружения координат загорания служит ИК-сканер 8 со сканирующим узконаправленным приемником ИК-излучения с шаговым двигателем. В блоке управления установлена видеокamera 7 для видеоконтроля. Механизм поворота 1 служит для выведения ствола в рабочее положение из ни-

ши. Указания по настройке и управлению ПР даны в руководстве по эксплуатации на ПДУ. Перемещением корпуса насадка обеспечивается полное управление струей — от сплошной до распыленной (с углом факела  $90^\circ$ ). При аварийных ситуациях предусмотрена возможность перевода ПР на ручное управление. Для этого необходимо установить на вал редуктора вертикального или горизонтального привода ствола рукоятку, вращением которой выполняется ручное наведение ствола. ПР изготовлен с использованием нержавеющей стали и сплавов цветных металлов.

#### 4.5. Пожарный робот шаровой с устройством технического зрения на базе телекамеры



Рис. 8.7. Пожарный робот ПР-АСД-С40Уш-ТВ-УТЗ

На рис. 8.7 и 8.8 представлены общий вид и составные части ПР с шаровой потоконаправляющей конструкцией.

ПР состоит из стойки с фланцем 1, корпуса 2, шара со штуцером 3 и насадка 4. Ствол устанавливается на ответный фланец подводящего трубопровода водоснабжения. Корпус 2 соединяется с шаром 3 и стойкой 1 шарнирными соединениями с резиновыми манжетами. На насадке изменением щелевого зазора  $S$  кольцевого отверстия может устанавливаться расход

20, 30 или 40 л/с. Наведение ствола и управление углом распыления струи осуществляется дистанционно с использованием блока управления 5 от ПДУ или вручную с использованием рукоятки (на рисунке не показано). Для наведения ствола используются приводы 6, а для управления насадком — привод 7. В блоке управления 5 устанавливается ТВ-камера 8, оснащенная техническим зрением для обнаружения угловых координат загорания.

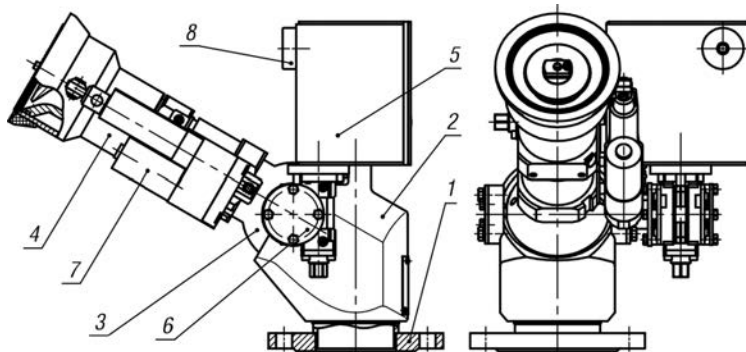


Рис. 8.8. Чертеж ПР-АСД-С40Уш-ТВ-УТЗ



Все электрооборудование, включая электродвигатели и платы, размещено в одном блоке управления в пылевлагозащищенном исполнении, в котором поддерживается оптимальный микроклимат по температуре и влажности. Это позволяет обеспечить работу изделия в тяжелых средах и наружных установках. Изделие защищено патентом РФ на изобретение <sup>1</sup> 2412733\*.

#### 4.6. Пожарный робот шаровой андроидный с матричным ИК-датчиком и телекамерой



Рис. 8.9. Пожарный робот ПР-ЛСД-С60(8-80)Уш-ИК-ТВ

На рис. 8.9 представлен один из последних выпусков стационарных пожарных роботов. С помощью дизайнера ему приданы андроидные черты, что подчеркивает сближение ПР с человеком в системе *человек – машина*. Но если говорить не о форме, а о содержании, то надо отметить, что выделенная в этом роботе головная часть не бутафорская, а с интеллектом. Более того, в ней воплощаются современная мысль и мировые достижения пожарной автоматики сегодняшнего дня. Речь идет об интеллектуальном детекторе пламени, работающем как в видимом, так и в ИК-диапазоне. Этот пожарный робот выпускается также в экспортном исполнении

с маркировкой «СЕ» с учетом требований европейских нормативных документов с целью применения в странах ЕЭС.

Рабочим органом пожарного робота является ствол-автомат, который автоматически поддерживает давление при расходах от 8 до 80 л/с, обеспечивая оптимальные параметры струй в этом диапазоне, и формирует целый спектр струй — от прямой сплошной до защитного экрана. Управление углом факела распыления струи осуществляется современными актуаторами с линейными двигателями и энкодерами.

Для наведения струи применены электроприводы фирмы «Махон». Приводы снабжены энкодерами для организации следящих систем. Комплектно поставляемые контроллеры к блокам управления приводами позволяют обрабатывать движения по сложным траекториям.

Детектор Flame Vision FV-312SC фирмы «Тусо» наделен техническим зрением высокой чувствительности как в видимом спектре, так и в ИК-диапазоне, а также, по сути, кибернетическим центром с системой обработки

\* Îàðàéð ÐÐ <sup>1</sup> 2412733 òà ÷ñèàððàðáéà «Ïæàðíúé ïííèðèð ñ òàðíàúì òàðíèðí» òð 18.11.2009 ã. Î íóáé. 27.02.2011 ã. Áðþ. <sup>1</sup> 6.

информации для идентификации загорания и определения координат и площади загорания.

Пульт дистанционного управления предназначен для подачи по радиоканалу управляющих команд на блок управления пожарным роботом в дистанционном режиме, режиме программного обучения и автоматизированном режиме.

В основе ствольной части потоконаправляющей конструкции — шаровой шарнир вместо традиционных стволов с многоповоротными гнутыми трубами, что значительно уменьшает поворотную часть и снижает потери напора в стволе, а также существенно упрощает конструкцию и уменьшает габаритные размеры и массу.

ПР отличается компактная компоновка электрооборудования в одном корпусе. Корпус выполнен в пылевлагозащищенном исполнении IP65 со встроенным микроклиматом по температуре и влажности. Подводка электропитания — внутренняя, по герметичному каналу, проходящему от основания по центру водопотока. Корпус обеспечивает защиту электрооборудования от воздействия повышенных температур, кратковременного воздействия открытого пламени и от различного вида механических воздействий. Диапазон рабочих температур — от минус 40 до +150 °С. Амортизация удара энергией 50 Дж. Сопротивление прокалыванию при ударе энергией 30 Дж. Устойчивость к воздействию теплового излучения мощностью до 5 кВт/м<sup>2</sup>. Рабочая зона действия робота — все окружающее пространство в радиусе действия струи до 85 м. Робот поворачивается на 360° в горизонтальной плоскости, а ствол имеет угол возвышения от -15 до +75°. При использовании расширенной струи зона распыления в вертикальной плоскости составляет не менее 180°.

#### 4.7. Пожарные роботы взрывозащищенные



Рис. 8.10. Общий вид пожарного робота ПР-ЛСА-С60(40;50)У-Ех

ПР во взрывозащищенном исполнении применяются для защиты взрывоопасных объектов. Вид взрывозащиты 1ExdIICT4 — взрывонепроницаемая оболочка. Комплекуются также шкафами управления во взрывозащищенном исполнении со встроенным микроклиматом для работы на наружных установках. На рис. 8.10 и 8.11 представлен общий вид и чертеж пожарного робота ПР-ЛСД-С60(40;50)У-Ех.

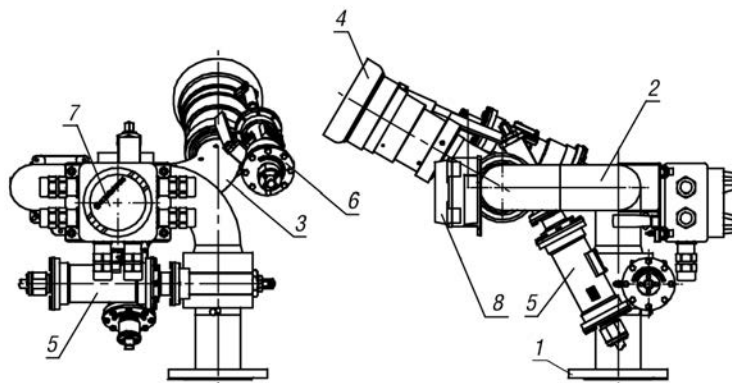


Рис. 8.11. Чертеж  
пожарного робота  
АСД-С60(40;50)У-Ех

Робот пожарный (см. рис. 8.11) состоит из стойки с фланцем 1, входного патрубка 2, выходного патрубка 3, потокоформирующего насадка 4, приводов наведения ствола 5, привода насадка 6, монтажной коробки 7. Стойка с фланцем, входной и выходной патрубки соединены между собой шарнирными соединениями с уплотнительными манжетами. На ПР установлен извещатель пламени с ИК-датчиком и видеокамерой 8. Все электрооборудование выпускается во взрывозащищенном исполнении. ПР управляется в автоматическом режиме от УСО по заданной программе, в дистанционном режиме со шкафа управления кнопками вправо–влево, вверх–вниз (на рисунке не показано). Перемещением корпуса насадка обеспечивается полное управление струей — от сплошной до распыленной (с углом факела 90°). ПР изготовлен из нержавеющей стали.

## ГЛАВА 5. Пожарные роботы с подвижной установкой

### 5.1. Пожарные роботы переносные десантные

Переносные десантные ПР предназначены для автономной работы в качестве установок пожаротушения в автоматическом, автоматизированном и дистанционном режимах. Легко передислоцируются, устойчивы к реакции струи. Обеспечивают автоматическое обнаружение загорания, тушение водой и пеной по площади огня. В дистанционном режиме управление осуществляется по радиоканалу. Водоснабжение производится по рукавной линии от местного источника или десантируемой емкости с мотопомпой. На рис. 8.12 представлен пожарный робот ПР-ЛСД-П20У.

ПР (см. рис. 8.12) состоит из входного патрубка 2 с соединительной головкой 3 типа ГМ-80, установленного на переносном лафете с поворотными опорами 1, патрубка углового 4, патрубка выходного 5 с потокоформирующим насадком 6. В электроприводы ствола 7 установлены съемные

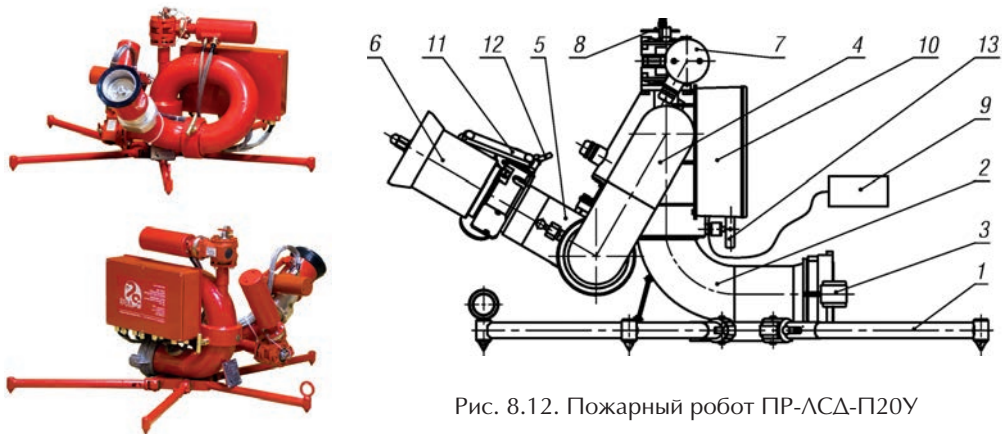


Рис. 8.12. Пожарный робот ПР-ЛСД-П20У

шпонки 8. Управление ПР осуществляется в программном и дистанционном режиме с пульта 9, подключаемого к блоку управления 10 посредством разъемного соединителя. Питание ствола осуществляется от аккумуляторного блока, входящего в комплект поставки ствола (на рисунке не показано). Блок аккумуляторный подключается к блоку управления также посредством разъемного соединителя. Возвратно-поступательным движением корпуса насадки обеспечивается полное управление струей — от сплошной до защитного экрана (с углом 90°). При аварийных ситуациях предусмотрена возможность перевода ствола на ручное наведение съемом шпонок 8.

## 5.2. Пожарные роботы на пожарных машинах

Автомобиль АЦПК-2,0-40/100-24 (рис. 8.13) представляет собой универсальную пожарную машину, которую можно использовать и как автоцистерну, и как автоподъемник. Такое сочетание позволяет решать ком-



Рис. 8.13. Автомобиль АЦПК-2,0-40/100-24 с пожарным роботом на автоподъемнике

плекс оперативных задач: доставку к месту пожара боевого расчета, запаса воды, пенообразователя, пожарно-технического вооружения; тушение пожара с помощью лафетных стволов и пожарных роботов на высоте до 24 м.

Особенность машины — оснащение 24-метровым подъемником с пожарным роботом на телескопической стреле с электронной системой стабилизации положения рабочей платформы в пространстве. Пожарный робот может работать как в автоматическом режиме с самонаведением на очаг пламени, так и управляться дистанционно оператором по информации от телекамеры по беспроводному каналу. Такое техническое решение позволяет, по сути, исключить непосредственный контакт человека с огнем.

### 5.3. Пожарные роботы на вышках

На рис. 8.14 представлены ПР на вышках высотой 28 м для водопенного пожаротушения объекта Архангельского ЦБК. ПР на вышках обеспечивают целый комплекс сервисных услуг при защите наружных объектов значительных площадей и объемов в суровых северных условиях. Одновременно обеспечивается возможность программного и дистанционного управления до четырех стволов. Следует учесть, что обслуживание пожарных стволов на пожарных вышках высотой 28 м представляет значительные сложности. Применение ПР позволяет производить дистанционное управление комплексом пожаротушения с одного пульта управления на расстоянии до 2 км.



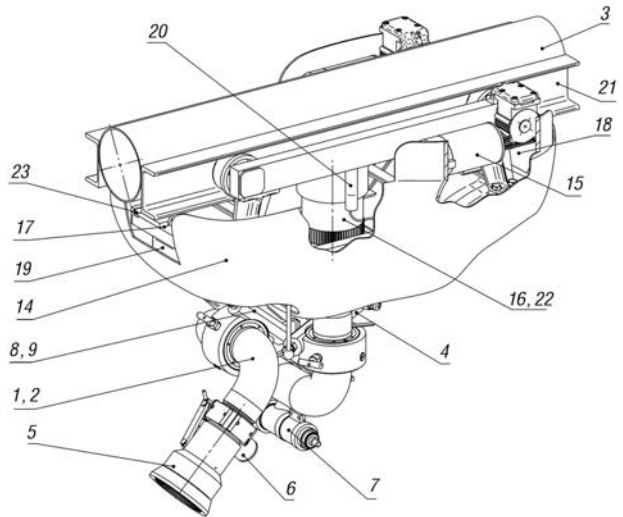
Рис. 8.14. Система пожаротушения древесно-подготовительного цеха Архангельского ЦБК

### 5.4. Пожарные роботы на болиде

На рис. 8.15 представлена схема пожарного робота на болиде. Пожарный робот 1 включает в себя лафетный ствол 2 с приводами наведения 4, насадок 5 с приводом изменения угла распыления 6, устройство обнаружения загорания 7, блок управления роботом 8 и радиоканал 9. Пожарный робот 1 установлен на мобильном устройстве — болиде 14, оснащенном транспортным приводом 15 с широким диапазоном регулирования скорости и следящей системой позиционирования, приводом стыковки 16 к гидроклапану 22 для подключения к пожарному трубопроводу и разъему элект-



Рис. 8.15. Пожарный робот на болиде



ропитания 20, дальномером 17, аккумулятором 18 и блоком управления болидом 19. На пожарном трубопроводе 3 установлены гидроклапаны 22 и смонтирована сеть электроснабжения 23 с разъемами электропитания 20. Пожарные роботы 1 соединены по радиоканалу 9 с пультом радиуправления 10 и устройством управления РУП 11, которое через приемно-контрольное устройство 12 соединено с пожарными извещателями 13 (см. функциональную схему РУП, представленную на рис. 10.23, ч. 10, подразд. 4.11).

### 5.5. Пожарный робот мобильный на гусеничном ходу

На рис. 8.16 представлен многофункциональный робототехнический комплекс пожаротушения среднего класса ЕЛЬ-4, который обеспечивает:

- доставку огнетушащих веществ и проведение работ по пожаротушению в условиях современных техногенных аварий, сопровождаемых повышенным уровнем радиации, наличием отравляющих и сильнодействующих веществ в зоне работ, осколочно-взрывным поражением;
- проведение специальных работ на месте пожара и чрезвычайной ситуации;
- разборку конструкций зданий для доступа к зоне горения (ликвидации чрезвычайных ситуаций).

В качестве инженерного вооружения используется комбинированный бульдозерный нож с гидравлическим схватом и трехзвенная рука-манипулятор, установленная в передней части машины. На третьем звене манипулятора предусмотрена установка механического захвата и лафетных стволов производительностью 10 и 40 л/с (600 и 2400 л/мин) при давлении 4–8 бар.



Рис. 8.16. Многофункциональный робототехнический комплекс пожаротушения среднего класса ЕЛь-4

Управление направлением подачи воды производится посредством исполнительного органа манипулятора, обеспечивающего пять степеней свободы. Указанные работы выполняются в дистанционном режиме с машины управления, которая может находиться на расстоянии до 2 км при управлении по радио.

## ГЛАВА 6. Роботизированные установки пожаротушения

На базе пожарных роботов, объединенных магистралью RS-485 с сетевыми контроллерами и устройством сопряжения с объектом, формируются РУП, относящиеся к классу автоматических установок пожаротушения. РУП — это современные гибко перепрограммируемые системы, оперативно реагирующие на реальное развитие событий, обеспечивающие функции самотестирования, тесно взаимодействующие в системе *человек — машина*, отличающиеся высокой эффективностью и имеющие значительно больше технических возможностей в сравнении с традиционными спринклерными и дренчерными системами пожаротушения.

Выбор состава РУП, типа пожарных роботов и их количества, сопряжение с другими системами, описание работы выполняются в проекте РУП для защищаемых объектов. Типовые решения и проекты рассматриваются в части 10 книги.

### 6.1. Сравнительный анализ систем автоматического пожаротушения

Самые распространенные системы водяного пожаротушения — спринклерные и дренчерные АУП практически исчерпали ресурс своего развития. Недостатки этих систем связаны в основном с низкой эффективностью подачи ОТВ непосредственно на очаг возгорания, составляющей всего лишь

10 % от общей массы ОТВ, подаваемой от источника. Даже брандспойт в руках опытного пожарного обеспечивает эффективность подачи 20–30 % [47].

Второй недостаток связан с низкой эффективностью процесса тушения. С учетом того что процессы и горения, и тушения развиваются на границе раздела фаз, эффективность этих процессов прямо пропорциональна удельной площади поверхности реагирующих веществ, которая, в свою очередь, зависит от степени дисперсности вещества. При этом в реакцию вступают лишь поверхностные слои с толщиной мономолекулярного слоя воды 2 нм. Для классических систем водяного пожаротушения со средним размером капель около 1 мм степень вовлечения в реакцию ОТВ составит 1,2 %, а суммарная эффективность, включающая эффективность подачи, — всего лишь 0,12 %. Столь низкую суммарную эффективность приходится компенсировать увеличением подачи воды и времени работы установки. В результате действующие нормативы для таких систем предписывают обеспечить расход воды от 144 до 1080 л на 1 м<sup>2</sup> защищаемой площади.

Системы тонкораспыленной воды позволяют значительно эффективнее использовать преимущества воды как ОТВ. От классических систем они прежде всего отличаются тем, что средний размер капель ТРВ в 10–20 раз меньше. Вместе с тем следует отметить, что применение ТРВ эффективно в основном только для закрытых помещений и в начальной стадии загорания с площадью очага не более 2 м<sup>2</sup>. При площади пожара более 3 м<sup>2</sup> тушение пожара ТРВ из-за низкой кинетической энергии капель проблематично, а при площади более 5–6 м<sup>2</sup> (как при реальном пожаре) — уже физически невозможно [25].

Пожарные роботы, входящие в состав РУП, формируют полидисперсные распыленные струи, включающие как капли с высокой кинетической энергией (200–400 мкм), так и капли ТРВ (до 50 мкм). Такие струи с размером частиц от 50 до 400 мкм (рис. 8.17) способны проникать через весь факел пламени до горящей поверхности благодаря высокой кинетической



Рис. 8.17. Jet Fog, или «летающий туман» (слева) с видом А в увеличенном масштабе (справа) (выдержка – 1/1000 с, диаметр струны – 200 мкм, размер капли в фокусе – от 50 до 400 мкм)



энергии крупных капель, а также доставлять мелкие капли ТРВ, обладающие свойством высокого поглощения теплового излучения. Таким образом, РУП имеют в своем распоряжении средства, позволяющие формировать с использованием современной ствольной техники полидисперсные струи, направленные непосредственно на очаг загорания. В сравнении с классическими системами они имеют более эффективную подачу ОТВ и позволяют более эффективно тушить пожары, включая реальные пожары площадью более 5–6 м<sup>2</sup>. Тушение реальных пожаров с использованием РУП в значительной мере усиливается благодаря уникальной особенности РУП, обеспечивающей возможность концентрировать всю мощность подачи огнетушащего вещества со всех стволов на очаг пожара в отличие от дозированной распределенной подачи в классических системах.

Поскольку в качестве средств пожаротушения в РУП используется ствольная техника, применяемая пожарными практически на всех пожарах, то РУП на пожаре предоставляет все возможности для взаимодействия с человеком в системе *человек – машина*. Например, автоматический режим работы РУП может быть переведен на дистанционный и ручной режимы, и пожарным роботом будет управлять ствольщик. А вот в спринклерных системах, если пожар продолжается, но тепловой замок на спринклере не расплавился (например, из-за сменившегося направления конвекционных тепловых потоков), то запустить вручную систему не представляется возможным. И наоборот, если спринклер вскрылся, но пожара в этой зоне уже нет, то закрыть его можно, только остановив работу всей установки. В РУП же и в процессе тушения в автоматическом режиме ведется контроль за пожаротушением: если пожара в данной зоне нет, то тушение в ней прекращается и возобновляется вновь при появлении очага загорания.

Говоря о технических показателях систем, следует отметить значительные возможности РУП по защите больших площадей высокопролетных сооружений и наружных объектов. С одной точки можно защищать площадь от 5 до 15 тыс. м<sup>2</sup> при расходах от 20 до 60 л/с соответственно. Водоснабжение пожарных роботов осуществляется только по магистральной сети — без паутины распределительных сетей, характерных для спринклерных и дренчерных систем. Адресная доставка воды и пены осуществляется по воздуху по всей защищаемой зоне непосредственно на очаг загорания, а не на расчетную площадь, определенную проектом раз и навсегда. При этом соблюдается требуемая интенсивность орошения за счет дозированной подачи. Точность подачи ОТВ обеспечивается введением обратной связи по положению струи, которая осуществляется путем цифровой обработки видеосигнала при видеоконтроле. Такие технические возможности роботизированных систем позволяют гибко реагировать на различные сценарии развития пожара.

Теперь несколько слов о стоимости РУП в сравнении с классическими системами АУП. Если принять оптимальную расстановку ПР (например, два ПР на 10 тыс. м<sup>2</sup>), то их стоимость уже сейчас с учетом установки будет значительно ниже стоимости распределительных сетей со спринклерами с учетом их монтажа на потолочных перекрытиях площадью 10 тыс. м<sup>2</sup>. Объясняется это тем, что ПР изготавливаются серийно в заводских условиях на оборудовании высокой производительности и имеют тенденцию к уменьшению стоимости. Вместе с тем стоимость неизменного объема «железа» и, соответственно, труда строительных рабочих на труднодоступных высокопролетных перекрытиях имеет тенденцию к росту. И это только прямые расходы, не включающие все косвенные расходы, связанные с различной эффективностью установок и, соответственно, с разным ущербом как от пожара, так и от последствий из-за избыточного применения ОТВ.

## **6.2. Назначение РУП**

РУП предназначены для автоматического обнаружения и определения координат и площади загорания, автоматического водяного и пенного пожаротушения прямыми и распыленными (с изменяющимся углом факела) струями. РУП применяются для защиты высокопролетных сооружений и наружных объектов, к которым относятся ангары для аэробусов, здания для спортивных и зрелищных мероприятий, склады пиломатериалов, машинные залы АЭС и ТЭЦ, резервуарные парки нефтепродуктов, сливноналивные железнодорожные эстакады, памятники деревянного зодчества и др.

## **6.3. Состав РУП**

В состав РУП входят (рис. 8.18): ПР, дисковый затвор с электроприводом, ПДУ с постом подключения ПДУ, сетевой контроллер ШК-СК, устройство сопряжения с объектом ШК-УСО, блок питания БП-2Р. В состав может входить радиопульт с блоком радиуправления.

В РУП входит также программное обеспечение, включая программу конфигурации для привязки РУП к конкретному защищаемому объекту и программу мониторинга.

## **6.4. Назначение составных частей РУП**

ПР предназначен для поиска и тушения очага загорания. В автоматическом и автоматизированном режиме управление ПР осуществляется УСО, а в дистанционном — ПДУ, подключаемым через пост ПДУ. Для управления подачей огнетушащего вещества в ПР служит дисковый затвор. Блок коммутации БК-16 предназначен для приема сигналов от системы пожар-

ной сигнализации, а также для выдачи сигналов управления внешним устройствам (насосная станция, система вентиляции, система оповещения и т. п.). БК-16 контролирует также целостность соединительных линий (выходы пожарной сигнализации — входы БК-16) на обрыв и короткое замыкание. БК-16 передает принятую информацию УСО и получает от него команды для включения/выключения выходов БК-16.

ПДУ дает возможность выполнять следующие команды:

- выбор ПР для управления;
- наведение ПР на цель, команды «Влево», «Вправо», «Вверх», «Вниз»;
- открытие/закрытие дискового затвора;
- изменение угла факела струи, команды «Шире», «Уже»;
- задание скорости;

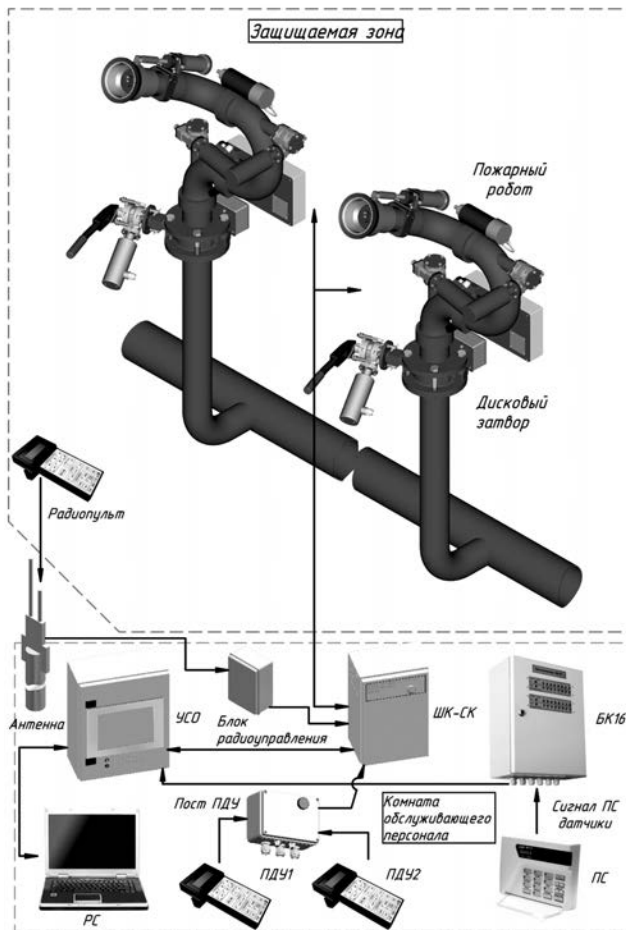


Рис. 8.18. Роботизированная установка пожаротушения

- задание программы пожаротушения по площади с определенным шагом сканирования;
- задание или отмена программного режима работы.

ПДУ обеспечивает контроль состояния ПР с возможностью вывода запрашиваемой информации на экран дисплея, например информации о потребляемом токе или о давлении в стволе.

УСО обеспечивает управление работой РУП при тушении очага загорания в автоматическом или автоматизированном режиме. Сигналы от системы пожарной сигнализации поступают сначала на БК, а затем эта информация передается на УСО. При этом УСО инициирует процесс поиска очага загорания. В случае обнаружения очага возгорания УСО инициирует тушение. При поиске очага загорания УСО взаимодействует с установленными на ПР ИК-сканерами; при этом УСО получает информацию об угловых координатах очага загорания в случае его обнаружения. УСО также формирует команды, передаваемые на БК, для управления работой внешних устройств. Работа УСО в автоматическом режиме производится в соответствии с предварительно выполненными настройками. Для настройки УСО предусмотрено специальное программное обеспечение «Конфигурирование РУП», установленное на ПЭВМ.

Сетевой контроллер предназначен для организации магистрали управления РУП. С целью повышения надежности магистраль управления организуется в виде кольца. К магистрали управления подключаются следующие устройства: ПР, ПДУ и УСО.

Блок питания БП предназначен для питания постоянным током напряжения 24 В пожарных роботов и телекамер.

## 6.5. Описание работы РУП

### *Режимы работы РУП*

В РУП предусмотрено управление работой всех ПР, входящих в РУП, при тушении очага загорания. Предусматриваются варианты работы РУП:

- *автоматический*: рекомендуется использовать, когда требуется обеспечить пожарную защиту объекта при отсутствии дежурного персонала;
- *автоматизированный*: рекомендуется использовать как постоянный режим работы при наличии дежурного персонала; открытие дисковых затворов и включение выходов ШК-УСО (например, для запуска насосов) подтверждает оператор;
- *дистанционный*: применяется с автоматическим или автоматизированным режимом, когда оператор изменяет сценарий работы РУП с целью повышения эффективности тушения пожара;

- *ручное управление*: наведение ПР и открытие или закрытие водозапорных устройств при отсутствии электроснабжения.

### **Работа РУП в автоматическом и автоматизированном режимах**

Работа РУП в данном режиме осуществляется под управлением УСО. Типовая схема защиты объекта пожарными роботами представлена на рис.8.19. Порядок работы УСО определяется алгоритмами программного обеспечения УСО, а также информационным обеспечением, которое подготавливается с помощью специального программного обеспечения «Конфигурирование РУП» в соответствии с проектной документацией по пожарной защите объекта. Информационное обеспечение подготавливается и загружается в энергонезависимую память УСО на заводе-изготовителе.

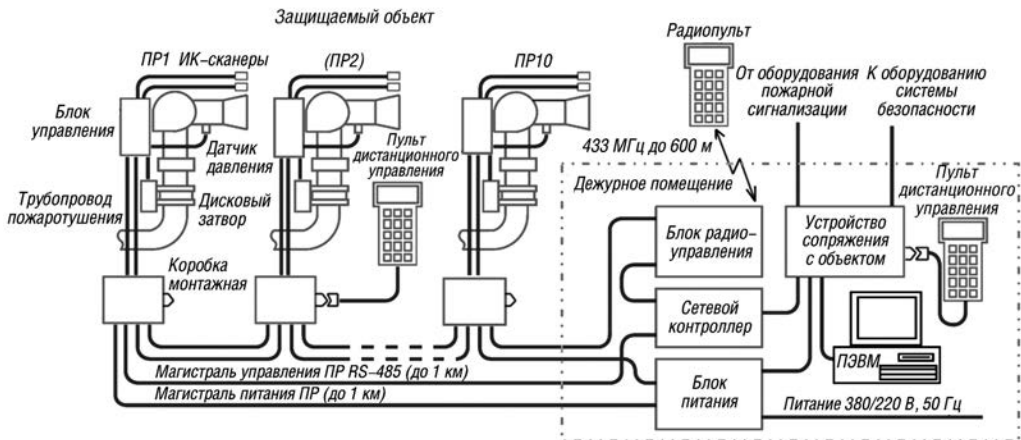


Рис. 8.19. Типовая схема защиты объекта пожарными роботами

Общий порядок работы РУП следующий:

- УСО осуществляет непрерывный контроль сигналов пожарной сигнализации, которые поступают на входы БК;
- при поступлении сигналов «Пожар» от пожарной сигнализации УСО проверяет: имеется ли указанная комбинация сигналов (предусматривается запуск при наличии не менее двух сигналов) в заранее составленном списке. При наличии нескольких комбинаций выбирается комбинация с более высоким приоритетом. Далее УСО приступает к процессу управления поиском очага загорания;
- в соответствии с принятыми сигналами УСО формирует задания пожарным роботам для поиска очага загорания. При этом предварительно ПР занимают положение для поиска очага загорания в ожидаемой зоне его возникновения;

- при получении информации от пожарных роботов с ИК-сканерами об угловых координатах очага загорания УСО выполняет расчет в трехмерных декартовых координатах местоположения очага загорания и определяет расстояния от ПР до очага загорания. Затем УСО определяет, какие из ПР будут выполнять тушение очага загорания. Количество ПР, участвующих в тушении, определяется проектом. Для тушения выбираются ПР, которые находятся ближе к очагу загорания. Формируются команды ПР для тушения очага загорания. УСО также формирует команды для БК на переключение соответствующих выходов, формируя команды для внешнего оборудования (например, вентиляция, оповещение);
- при движении ПР УСО контролирует их положение и при достижении ими требуемого положения передает команды дисковым затворам на открытие;
- при полном открытии первого из дисковых затворов подается команда на переключение выходов БК, которые могут использоваться для запуска насосной станции, если подводящие трубопроводы не находятся под давлением сети от гидропневмобаков;
- точность подачи ОТВ обеспечивается введением обратной связи по положению струи, которая производится путем цифровой обработки видеосигнала при видеоконтроле;
- осуществляется непрерывный контроль сигналов пожарной сигнализации. При восстановлении в норму всех сигналов запускается отсчет времени, значение которого задано настройкой, для окончания тушения. При исчерпании заданного интервала времени ПР останавливаются, и дисковые затворы закрываются;
- контроль за пожаротушением с отключением его при отсутствии признаков горения и возобновление пожаротушения при повторении загорания;
- автоматическое самотестирование системы, включающее тестирование всех технических средств. Информация о возникших неисправностях отображается на терминальной панели УСО и в приложении «Мониторинг РУП»;
- отображаются мнемосхемы и рекомендуемые инструкции для оперативного управления в соответствии с проектом привязки РУП к конкретному объекту.

### ***Дистанционный режим работы РУП***

Управление работой ПР в дистанционном режиме может осуществляться с помощью ПДУ (удаленное управление). Команды, выполняемые с ПДУ, отражены в подразд. 6.4.

# ЗАЩИТА ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАФЕТНЫХ СТВОЛОВ

**Л**афетные стволы широко применяются для защиты пожаровзрывоопасных объектов в различных отраслях промышленности. Такие лафетные стволы принято относить к классу промышленных лафетных стволов (Industrial Fire Monitors по Каталогу фирмы Elkhart, США), поэтому они выполняются с учетом требований промышленных объектов. В связи с этим в этой части книги рассматриваются рекомендации по защите объектов с использованием стационарных лафетных стволов в основном для промышленных объектов.



Нефтяной порт в Новороссийске

## ГЛАВА 1. Основные рекомендации по защите объектов лафетными стволами

Лафетные стволы имеют широкое применение для защиты объектов, где нужна высокая интенсивность орошения: наружных объектов, помещений больших производственных площадей и высокопролетных сооружений. Они являются также альтернативой спринклерным и дренчерным системам, особенно там, где применение последних затруднительно или технически невозможно.

Практически при любом пожаре применяются пожарные стволы. Но если они уже есть на объектах, установлены в наиболее пожароопасных местах и подключены к системе водоснабжения, то это во много раз сокращает время готовности к пожаротушению и позволяет приступить к нему значительно раньше прибытия пожарной команды, которой еще требуется время на развертывание средств пожаротушения.

При выборе технологии пожаротушения руководствуются нормативными документами для объектов данной категории. В них, как правило, даны рекомендации и по способу пожаротушения. Для значительной части пожароопасных объектов применяется водяное, пенное или порошковое пожаротушение лафетными стволами. Вопросы пожарной безопасности объектов закладываются уже на стадии их проектирования. С учетом опыта проектирования ниже рассмотрены типовые проектные решения по применению лафетных стволов для защиты объектов.

При проектировании объектов руководствуются следующими нормативными документами:

- СНиП 21-03–2003. Склады лесных материалов. Противопожарные нормы;
- СНиП 2.11.03–93. Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы;
- Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках [28];
- Сливоналивные эстакады для легковоспламеняющихся, горючих жидкостей и сжиженных углеводородных газов. Требования пожарной безопасности [48];
- Ведомственные указания по противопожарному проектированию предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности (ВУПП-88) [49];
- Противопожарные нормы проектирования объектов Западно-Сибирского нефтегазового комплекса (ВНТП 03/170/567-87) [50].

### 1.1. Расстановка лафетных стволов

Расстановку лафетных стволов, входящих в состав установок пожаротушения, на защищаемом объекте следует производить исходя из условий обеспечения эффективной дальности струй, т. е. защищаемые зоны должны находиться в пределах 90 % от максимальной дальности подачи огнетушащего вещества, где подача воды характеризуется наибольшей интенсивностью. Эффективная дальность является производной величиной от максимальной дальности и принята как у нас, так и в ЕС и США для расчетов зон эффективной подачи струи (см. ч. 3, подразд. 3.4). Максимальная дальность по крайним каплям дается в паспортах и нормативных документах на лафетные стволы для оценки их технических показателей. Кроме того, этот параметр легко измеряется при аттестации изделий. При расчете защищаемых зон необходимо учитывать, чтобы каждая защищаемая зона находилась в радиусе действия двух лафетных стволов. В проекте такие зоны называются *картами орошения* и обозначаются на плане защищаемого объекта.



Для оптимальной расстановки ЛС целесообразно использовать технические показатели стволов, указанные в табл. 9.1 и 9.2. Дальность подачи зависит как от расхода, так и от давления.

Таблица 9.1

**Максимальная дальность подачи сплошной, распыленной и пенной струй стволами «ЭФЭР» при номинальном давлении и расходе от 15 до 150 л/с**

Í îèàçàðàëüü	Í î î è í à è ü í í à à à à è á í è à, ì Ì à														
	0,6			0,6			0,6			0,8			0,8		
Ðàñðîá äî äî è è è á î á í í á ì ð à ñ ò á í - ð à í á í í á ð à ç í á à - ð à è ý, è/ñ	15	20	25	20	30	40	40	50	60	80	90	100	125	100	150
Ä à è ü í í ñ ò ù ñ ò ð è (í î è ð à è í è ì è à í - è ý ì), ì, í á í á í á à: á î ä ý í í è ñ í è í ø í í è	50	55	59	55	62	70	70	75	80	87	95	100	105	100	110
ð à ñ í ù è ä í í í è (ó á í è 30°)	30	34	35	34	38	43	43	46	49	53	58	63	64	63	74
í á í í è ñ í è í ø í í è	45	50	52	50	54	60	60	64	68	74	81	85	95	85	99

**Í ð è í á - á í è à.** Í à è ñ è í à è ü í í à ý à è è ü í í ñ ò ù í î è ð à è í è ì è à í - è ý ì ò è à ç á í à à è ý ò à è à á í ç à ù ø á í è ý ñ ò á í è à 30°.

Таблица 9.2

**Эффективная дальность подачи сплошной струи при изменении давления от 0,4 до 1,0 МПа при расходах от 20 до 40 л/с для стволов «ЭФЭР»**

Ä à à è á í è à, ì Ì à	Ý ò ò à è ð è à í à ý à è è ü í í ñ ò ù, ì, í ð è ð à ñ ò í á à á í á ù, è/ñ				
	20	25	30	35	40
0,4	38	42	46	50	54
0,5	45	49	53	56	60
0,6	50	53	56	60	65
0,7	53	58	62	66	70
0,8	56	61	65	70	75
0,9	58	63	68	73	78
1,0	60	65	70	75	80

Насадки лафетных стволов имеют заводскую уставку расхода, указанную в паспорте на изделие. Как правило, это номинальный расход при номинальном давлении. При изменении давления на насадке с постоянной уставкой расход будет меняться. Это также необходимо учитывать при расчетах. Изменение расхода в зависимости от давления на насадках с номинальными расходами от 20 до 100 л/с для стволов «ЭФЭР» даны в табл. 9.3.

Таблица 9.3

**Расход воды через насадки стволов с номинальными уставками расходов в зависимости от давления воды на входе в ствол**

Давление, МПа	Расход воды, л/с				
	20	40	60	80	100
0,4	17	42	50	55	74
0,5	18	49	54	61	80
0,6	20	40	60	67	88
0,7	22	43	63	74	94
0,8	24	46	66	80	100
0,9	25	48	68	85	105
1,0	26	50	70	90	110

Карты орошения в вертикальной плоскости определяются в зависимости от угла возвышения ствола по траекториям струй, образующим кривую зоны эффективной подачи (см. ч. 3, подразд. 3.4). Траектории струй эффективной подачи воды для расходов 20 и 40 л/с при расходах от 0,4 до 0,8 МПа приведены в ч. 8, подразд. 2.4. Траектории струй в зависимости от угла наклона, давления и расхода можно получить с помощью программы «Баллистика», размещенной на сайте: [www.firerobots.ru](http://www.firerobots.ru).

Для практического применения можно также воспользоваться упрощенными данными табл. 9.4, в которой дальность и высота подачи огнетушащего вещества в зависимости от угла возвышения ствола приведены в процентах от максимальной дальности (см. табл. 9.1). По полученным данным строят кривую зоны эффективной подачи. Если эту кривую наложить на разрез защищаемого объекта в соответствующем масштабе, то получим карту орошения в вертикальной плоскости.

**Дальность и высота подачи сплошной струи (по отношению к максимальной дальности) в зависимости от угла наклона насадка к горизонту**

Ï îêàçàðàëü	Çíà-áíèà î îêàçàðàëü ïðå òàëà íàèèíà, àðàà						
	10	20	30	45	60	75	80
Äàëüíîñòü, %	50	75	100	93	76	43	30
Àùñíà, %	3,8	11	22,5	29,5	45	58	62

**1.2. Установка и подключение лафетных стволов**

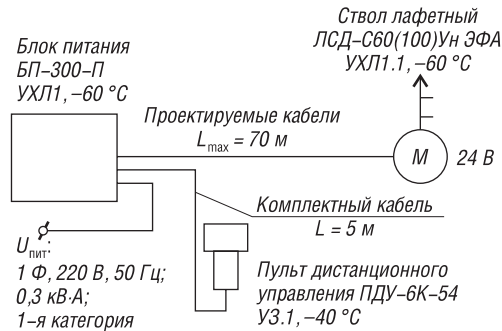
Площадка для установки ЛС не должна иметь препятствий для поворота ствола в горизонтальной плоскости и перемещения пожарного-ствольщика. При расположении места установки ствола свыше 1 м от нулевой отметки площадка должна быть оборудована ограждением для обеспечения безопасности персонала. Доступ к ней должен осуществляться по лестнице. Размер площадок должен быть не менее 1,5×1,5 м. ЛС подключаются к водопроводной сети через фланцевое соединение по ГОСТ 12820–80. Для подключения передвижных пожарных насосов на трубопроводе дополнительно устанавливаются соединительные головки для подключения напорных пожарных рукавов. Запорную арматуру следует размещать в непосредственной близости от ствола.

**1.3. Лафетные стволы с дистанционным управлением для наружной установки общепромышленные**

Лафетные стволы с дистанционным управлением (ЛСД) и запорная арматура на ответвлениях к ним должны обеспечиваться электропитанием в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ, изд. 7-е) [51]. Управление ЛСД в общепромышленном исполнении осуществляется пультами дистанционного управления. Варианты схем подключения ЛСД с рекомендациями по выбору кабелей приведены на рис. 9.1.

**1.4. Лафетные стволы с дистанционным управлением для взрывоопасных зон**

При установке электрооборудования во взрывоопасных зонах его исполнение по взрывозащите должно соответствовать категориям и группам взрывоопасных смесей по классификации, приведенной в ГОСТ Р 51330.11–99,

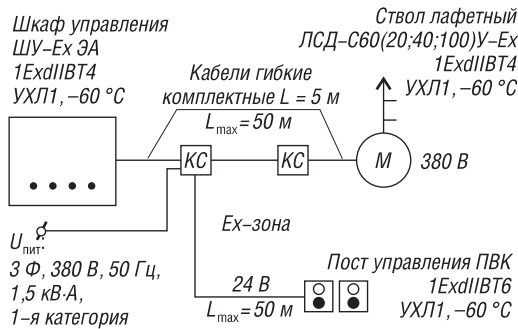


Рекомендуемое сечение жил кабеля питания ЛСД 2×4 кв. мм.  
 На чертеже указано его максимальная длина с учетом допустимого падения напряжения.  
 Для подключения кабеля управления Rs-485 используется разъем SACC-M12MS-400-0,75-M, который можно заменить на кабельный ввод, указав в специальных условиях при заказе оборудования.

ПДУ позволяет управлять перемещением водяной струи в горизонтальной и вертикальной плоскостях, регулировать угол распыла водяной струи

Рис. 9.1. Применение ЛС пожарного с дистанционным управлением ЛСД-С60(100)Ун ЭФА с электроприводами постоянного тока и пультом дистанционного управления ПДУ-6К-54

ч. 12 [52]. Управление ЛСД во взрывозащищенном исполнении осуществляется кнопчными постами и пультами дистанционного управления. Варианты схем подключения ЛСД с рекомендациями по выбору кабелей приведены на рис. 9.2 и 9.3.



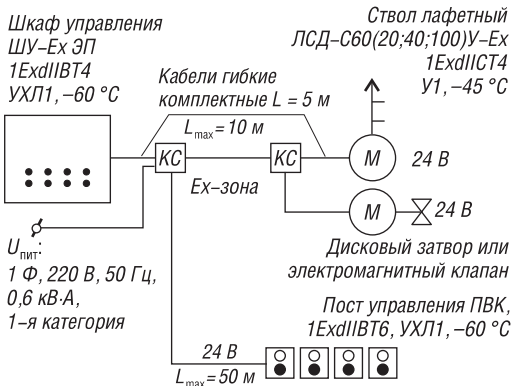
Размещение установки пожаротушения одиночно внутри взрывоопасной зоны.  
 Допустимые категории взрывоопасных смесей IIA, IIB, группы T1...T4.

Особенности:  
 1) ручное управление насадком (распылом водяной струи);  
 2) автоматический подогрев шкафа управления;  
 3) герметизация кабельных вводов ШУ-Ех компаундом

Рис. 9.2. Применение ствола лафетного пожарного ЛСД-С60(20; 40; 100)У-Ех с асинхронными электроприводами во взрывобезопасном исполнении с концевыми выключателями, постами управления, со шкафом управления ШУ-Ех ЭА, с видом взрывозащиты 1ExdIIВТ4

### 1.5. Лафетные стволы для взрывоопасных зон с дистанционным управлением из удаленной невзрывоопасной зоны

Для стационарных установок с дистанционным управлением и размещением шкафов управления в отапливаемом помещении с нормальной средой на расстоянии до 500 м от управляемых ими стволов применяются шкафы ШУ-1Б4-УИ (рис. 9.4).



Размещение установки пожаротушения одиночно внутри взрывоопасной зоны.  
Допустимые категории взрывоопасных смесей в зоне размещения:  
лафетного ствола — IIA, IIB, IIC, T1...T4;  
шкафа управления — IIA, IIB, T1...T4.

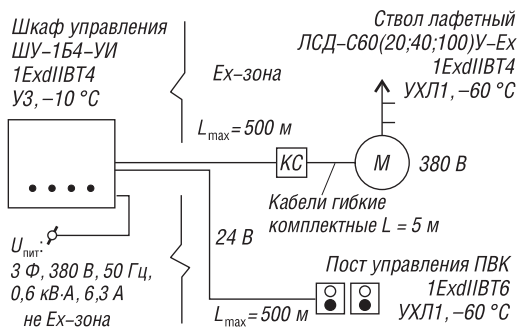
- Особенности:
- 1) дистанционное управление насадком (распылом водяной струи);
  - 2) переключение между скоростью наведения (9 град/с) и тушения (3 град/с);
  - 3) стабилизация скорости перемещения;
  - 4) автоматический подогрев шкафа управления;
  - 5) управление дополнительным оборудованием: дисковый затвор (-24 В) или электромагнитный клапан (-24 В, ~220 В);
  - 6) герметизация кабельных вводов ШУ-Ех компаундом

Примечание. Длина кабеля между КС ограничена падением напряжения, зависит от сечения примененного кабеля и может быть увеличена до 50 м.

Рис. 9.3. Применение ствола лафетного пожарного ЛСД-С60(20; 40; 100)У-Ех с электроприводами постоянного тока во взрывобезопасном исполнении 1ExdIIСТ4, с постами управления, шкафом управления ШУ-Ех ЭП с видом взрывозащиты 1ExdIIВТ4

Такие установки обеспечивают управление перемещением стволов в горизонтальной и вертикальной плоскостях кнопчными постами на дверце ШУ-1Б4-УИ, дублирующими постами управления во взрывозащищенном исполнении, установленными в непосредственной близости от ЛСД. Управление запорной арматурой на отводах от противопожарного водопровода к ЛСД шкафами ШУ-1Б4-УИ не обеспечивается.

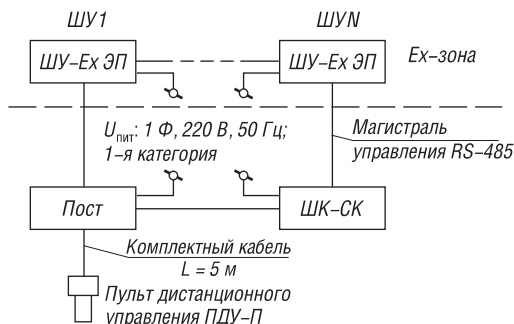
Возможность управления не только перемещением ствола в горизонтальной и вертикальной плоскостях, но и электроприводом насадки ствола (шире/уже) и дискового затвора перед ним (открыть/закрыть) обеспечива-



Размещение лафетного ствола одиночно внутри взрывоопасной зоны.  
Допустимые категории взрывоопасных смесей IIA, IIB, группы T1...T4.  
Шкаф управления размещается вне взрывоопасной зоны.

- Особенности:
- 1) индикация граничных положений приводов;
  - 2) длина кабельной трассы: лафетный ствол — шкаф управления до 500 м;
  - 3) ручное управление насадком (распылом водяной струи)

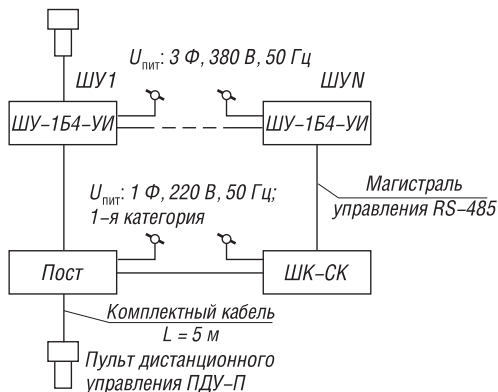
Рис. 9.4. Применение ствола лафетного пожарного ЛСД-С60(20; 40; 100)У-Ех с асинхронными электроприводами во взрывобезопасном исполнении с концевыми выключателями, постами управления, с видом взрывозащиты 1ExdIIВТ4



Длина кольцевой магистрали RS-485 не должна превышать 1 км.  
Устойчивый сигнал по линии интерфейса RS-485 при длине кольцевой магистрали свыше 1 км обеспечивается путем использования репитеров-ретрансляторов (повторителей) сигнала PSM-ME-RS485/RS385-P или аналогичных (на схеме не указаны).  
Пульт ПДУ-П позволяет управлять любым выбранным стволом.

Подключение лафетных стволов к шкафу ШУ-Ех ЭП (см. рис. 9.3)

Рис. 9.5. Организация дистанционного управления стволов с электроприводами постоянно-го тока по магистрали управления RS-485



Длина кольцевой магистрали RS-485 не должна превышать 1 км.  
Устойчивый сигнал по линии интерфейса RS-485 при длине кольцевой магистрали свыше 1 км обеспечивается путем использования репитеров-ретрансляторов (повторителей) сигнала PSM-ME-RS485/RS385-P или аналогичных (на схеме не указаны).  
Пульт ПДУ-П позволяет управлять любым выбранным стволом.

Подключение лафетных стволов к шкафу ШУ-1Б4-УИ (см. рис. 9.4)

Рис. 9.6. Организация дистанционного управления стволов с асинхронными электроприводами по магистрали управления RS-485

ется шкафами управления во взрывозащищенном исполнении ШУ-Ех-ЭП, устанавливаемыми на расстоянии до 10 м от ЛСД. Объединение шкафов ШУ-1Б4-УИ или ШУ-Ех ЭП кольцевой магистралью обмена (RS-485) со шкафом сетевого контроллера ШК-СК позволяет управлять любым стволом с помощью пульта дистанционного управления ПДУ-П. Схемы организации магистрали управления показаны на рис. 9.5 и 9.6.

### 1.6. Пульт управления лафетным стволом с дистанционным управлением

Пульт управления ЛСД обеспечивает управление наведением ствола («влево», «вправо», «вверх», «вниз»), углом факела распыления струи («шире», «уже») и электрозатвором («открыть», «закрыть»).

При размещении пульта управления необходимо учитывать следующее:

- удаленность пульта от ЛСД по кабелю управления должна соответствовать данным в паспорте на изделие или определяться при проектировании;
- управляемый ЛСД должен находиться в пределах прямой видимости. При необходимости управления ЛСД из удаленного пункта для обеспечения визуального наблюдения за работой ствола можно использовать системы видеонаблюдения;
- удобство обслуживания и безопасность персонала в период экстремальной ситуации.

## ГЛАВА 2. Водоснабжение

Водоснабжение установок пожаротушения с применением ЛС должно соответствовать требованиям СНиП 2.04.02–84 [53]. В систему водоснабжения входят: источник водоснабжения, насосная, трубопроводы, дозаторная (при пенном пожаротушении).

### 2.1. Трубопроводы водоснабжения

Трубопроводы системы водоснабжения объекта выполняются согласно СНиП 2.04.01–85 [54]. Подводящие трубопроводы выполняют кольцевыми с двумя питающими вводами от рабочего и резервного насосов. Диаметр подводящего и питающего трубопроводов должен быть не менее Ду 100. При расчете трубопровода учитывается количество одновременно работающих ЛС и потери напора в сети для наиболее удаленного ЛС, на котором должно быть номинальное давление по паспорту изделия. Распределительный трубопровод соединяет подводящий трубопровод с ЛС. Распределительные трубопроводы должны иметь пропускную способность по максимальному расходу установленного ЛС; при этом диаметр трубопровода должен быть не менее Ду 80.

### 2.2. Насосная водоснабжения

Насосная включает в себя рабочий и резервный насосы, электродвигатели, шкаф АВР для автоматического включения резервного электропитания, шкаф автоматики (ША). При отказе рабочего насоса ША автоматически включает резервный насос и производит переключение электродвигателей.

### 2.3. Гидравлический расчет водопровода

Гидравлический расчет водопровода осуществляется по формулам и принятым расчетным коэффициентам, которые вводятся в расчеты нормативными документами (например, СП 40-106–2002 [55], СНиП 2.04.01–85 [54]) [56].

Типовая схема кольцевого водопровода Ду 100 дана на рис. 9.7.

Общий расход воды, определенный с учетом одновременной работы двух стволов с расходом 25 л/с и трех пожарных кранов с расходом воды 3,6 л/с, составляет 60,8 л/с. В качестве расчетных точек принимаем лафетные стволы <sup>1</sup> 3 и 4 и пожарные краны ПК1, ПК3, ПК5 в случае, когда по ближнему вводу не поступает вода и используется дальний ввод. Этот вариант является наиболее тяжелым для стволов <sup>1</sup> 3 и 4, так как потери напора будут наибольшими. Гидравлический расчет водопровода с лафетными установками произведем по методике расчета кольцевого водопровода [56].

Скорость воды определяем по формуле

$$v = 4Q/(\pi d^2).$$

Значение удельного сопротивления  $A$  рассчитываем по формуле

$$A = \frac{0,001478}{d^{5,226}} = \frac{0,001478}{1^{5,226}} = 248,7.$$

Так как  $v \neq 1$  м/с, то значение  $A$  необходимо умножить на поправочный коэффициент  $K$ , который определим по формуле

$$K = 0,889 \left( 1 + \frac{0,684}{v} \right)^{0,226}.$$

Результаты расчета представлены в табл. 9.5 [57].

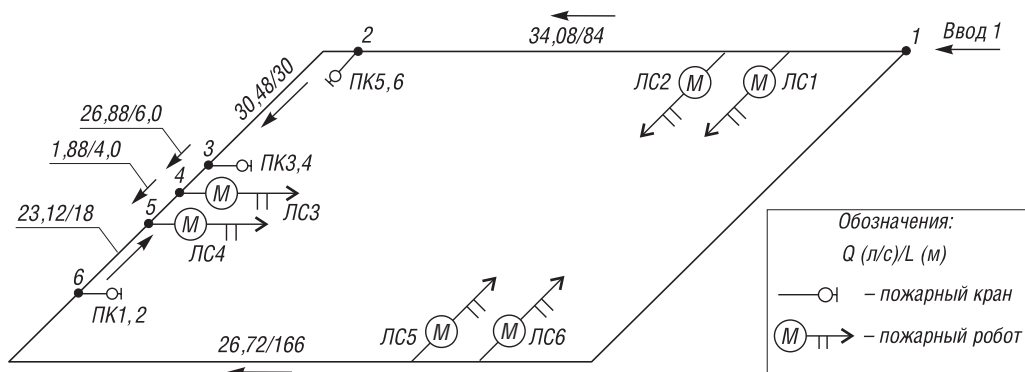


Рис. 9.7. Схема гидравлическая кольцевого водопровода Ду 100



**Результаты расчета потерь напора  $\Delta h$  в водопроводной сети**

Í î ï ðð ò ÷ à ñ ò è à	Ð à ñ ò í à Q, è / ñ	Ä è è í à L, ì	Ä è à ì ð ð ð d, ì ì	Ñ è í ð ì ñ ò ù v, ì / ñ	Ê î ý ò ð è ò è à í ð K	Ó ä ä è ù í í à ñ î ð ì è à è à í è à A	$\Delta h, \text{ì}$ ( $\Delta h = ALQ^2$ )
1–2	34,08	84	100	4,3414	0,91889	228,5264	+22,2953
2–3	30,48	30	100	3,8828	0,9222	229,3516	+6,3922
3–4	26,88	6	100	3,4242	0,92635	230,3833	+0,9987
4–5	1,88	4	100	0,23949	1,20606	299,9472	+0,0042
5–6	23,12	18	100	2,94522	0,93196	231,7786	–2,2301
6–1	26,72	166	100	3,40382	0,92656	230,4352	–27,3105
							$\Delta h = -0,15002$

Невязка по кольцу  $\Delta h = -0,15002 < 0,5$  м является допустимой.

Потери напора в сети определяются как средняя величина потерь напора  $\Delta h_{\text{ср}}$  по левому и правому направлениям питания кольца:

$$\Delta h_{\text{ср}} = 1,1 \cdot \frac{(22,2953 + 6,3922 + 0,9987 + 0,0042) + (2,2301 + 27,3105)}{2} = 32,58 \text{ м,}$$

где 1,1 — коэффициент учета потерь напора на местные сопротивления.

Давление на вводах кольцевого водопровода В1 принято 98 м вод. ст. Исходя из этого, с учетом потерь в трубопроводе давление перед дисковым затвором ствола <sup>1</sup> 4 составит 65 м вод. ст., что позволит обеспечить эффективную дальность струи 50 м.

### ГЛАВА 3. Типовые проектные решения по применению ЛС для защиты объектов

В качестве примера рассмотрим проектные решения по защите уже построенного объекта — причального комплекса для перегрузки нефтепродуктов морского порта Витино на Белом море (рис. 9.8). Это объект с характерным пожарным оборудованием, применяемым для защиты подобных объектов: насосной станцией с рабочим и резервным насосами, пенодозаторным оборудованием, пожарной автоматикой, лафетными стволами взрывозащищенными, устройством водяной завесы. Электрогидравлическая



Рис. 9.8. Морской порт «Витино» на Белом море, 2007–2008 гг.

структурная схема системы противопожарной защиты объекта приведена на рис. 9.9.

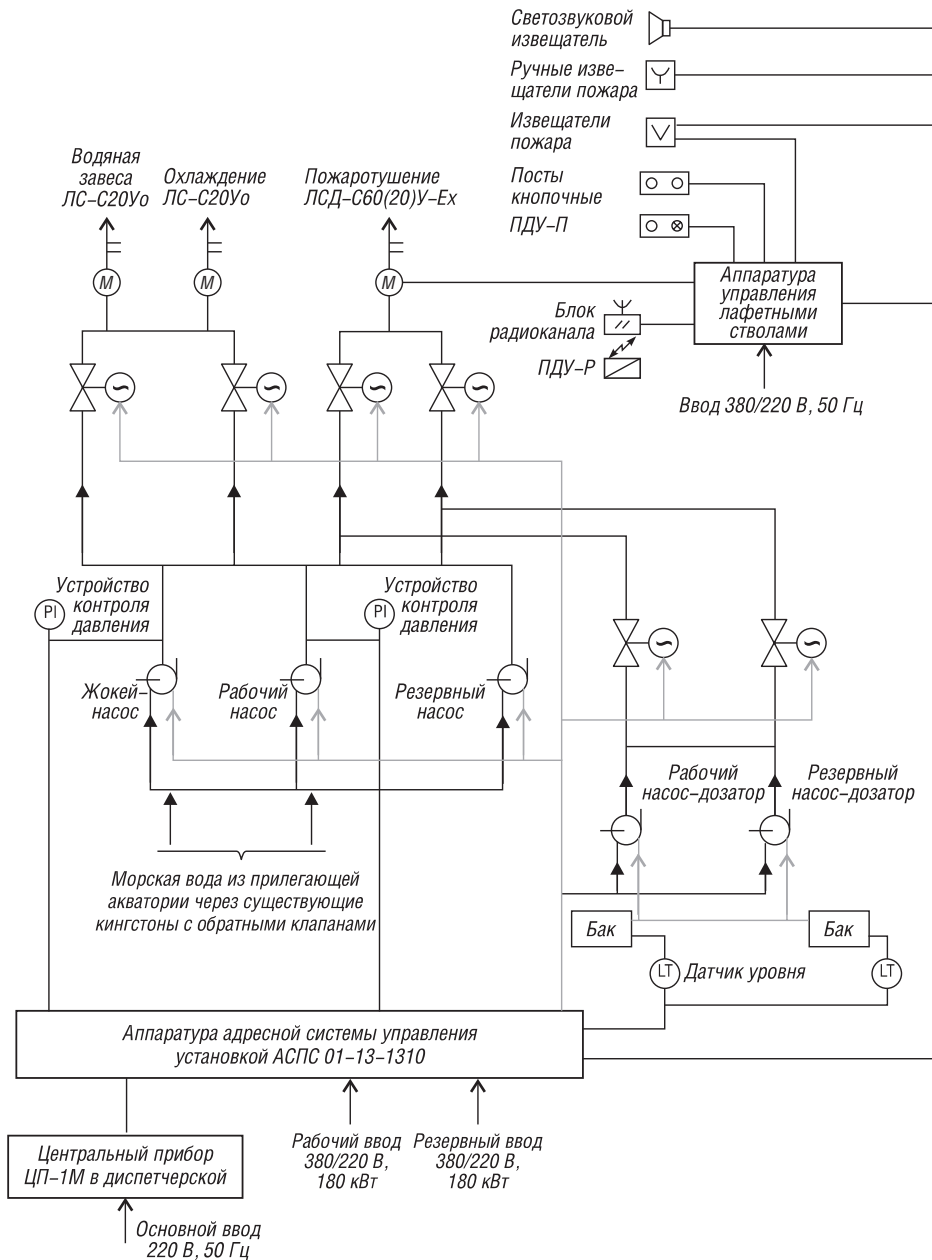


Рис. 9.9. Схема электрогидравлическая структурная системы противопожарной защиты объекта

### 3.1. Краткая характеристика защищаемого объекта

Объект представляет собой причальное понтонное сооружение для перегрузки нефти и нефтепродуктов с технологической площадкой. Габаритные размеры причального понтона в плане 36×8 м, высота 2 м. Навигация круглогодичная. Акватория обслуживается атомным ледоколом и поддерживается в состоянии, обеспечивающем свободный проход танкеров и буксиров. Высота борта расчетного танкера типа «Stena Arctica» над причалом — 13,5 м, высота борта от технологической площадки — 9,5 м, от площадки управления задвижками — 8,3 м. По причалу проложен трубопровод подачи пресной технической воды на танкер, который оборудован соединительными головками для подключения мобильных средств пожаротушения. Специфической особенностью объекта является расположение причала для танкера на понтоне, удаленном от берега, что приводит к необходимости размещения на понтоне всего пожарного оборудования, включая насосную станцию.

Защите автоматической установкой пенного пожаротушения с пуском от извещателей пламени подлежит наружная технологическая площадка площадью 60 м<sup>2</sup> категории В-1г по ПУЭ [51].

Оборудованию водяной завесой высотой 16,5 м подлежит линия кордона причала, установкой охлаждения металлических конструкций причала — зона в радиусе 10 м от технологической площадки.

### 3.2. Проектные решения по технологии пожаротушения

Для тушения пожара на технологической площадке предусматривается орошение его площади 6 %-ным раствором пенообразователя ПО-РЗФ двумя лафетными стволами с дистанционным управлением ЛСД-С60(20)У-Ех с общим расходом 30 л/с, работающими в режиме осциллирования по заданной программе.

Для создания водяной завесы высотой не менее 16,5 м между причалом и танкером по линии кордона причала устанавливаются лафетные стволы ЛС-С20Уо с осцилляторами и плоскими дефлекторами с общим расходом 40 л/с.

Охлаждение металлических конструкций в радиусе 10 м от технологической площадки осуществляется лафетным стволом ЛС-С20Уо с осциллятором с расходом 12,5 л/с.

За расчетный расход воды в установке пожаротушения принимается расход 82 л/с, определенный с учетом одновременной работы установок пенотушения, охлаждения и водяной завесы. Расчетное время работы автоматической установки пожаротушения — 10 мин.

В качестве узлов управления на кольцевых трубопроводах подачи воды и пенообразователя к стволам и запорной арматуры на трубопроводе подачи пенообразователя ПО-РЗФ предусматриваются краны шаровые запорные КШТВГнж с электроприводами АУМА.

В качестве водопитателя автоматической установки пожаротушения принята проектируемая плавучая насосная станция с двумя насосами подачи морской воды ЦНСк 300-120 (основной и резервный) с электродвигателями мощностью 160 кВт.

Хранение пенообразователя ПО-РЗФ предусматривается в двух баках по 5 м<sup>3</sup>. Подача пенообразователя предусматривается двумя насосами-дозаторами ЦНСГе 8-140 (основной и резервный) с электродвигателями мощностью по 7,5 кВт.

Для создания в сети автоматического пожаротушения расчетного давления 2,5 кгс/см<sup>2</sup>, необходимого для гарантированного срабатывания установки при пожаре, предусмотрено использование жокей-насоса АЦМС 1-70 с мощностью электродвигателя 0,37 кВт, с мембранным напорным гидробаком вместимостью 50 л DV 50CE-10/3 BAR ELBI (GRUNFOS).

Для автоматического контроля уровня пенообразователя в баках предусматривается датчик-реле уровня РОС-301.

### 3.3. Проектные решения по электротехнической части

В качестве аппаратуры электроуправления принята адресная система управления пожаротушением АСПС 01-13-1310 (НПО «Свит», г. Гатчина), которая предусматривает:

- автоматическое открытие узлов управления при срабатывании контактных выходов двух извещателей пламени ИПЭС-УК/ИФ или одного ручного извещателя ИП535-07е, установленных на технологической площадке;
- автоматический плавный пуск основного пожарного насоса при открытии узла управления и падении давления в напорном трубопроводе до 1,5 кгс/см<sup>2</sup>;
- автоматический плавный пуск резервного пожарного насоса при невыходе рабочего на расчетный режим (давление не менее 12,5 кгс/см<sup>2</sup>) в течение 10 с;
- автоматический пуск основного насоса-дозатора при открытии узла управления и выходе на рабочий режим основного пожарного насоса;
- автоматический пуск резервного насоса-дозатора при невыходе рабочего насоса на расчетный режим (давление не менее 14 кгс/см<sup>2</sup>) в течение 10 с;
- автоматический пуск жокей-насоса при снижении давления в напорном трубопроводе до 2 кгс/см<sup>2</sup> и останов при достижении нормального давления 2,5 кгс/см<sup>2</sup>;

- местное управление насосами и узлами управления;
- дистанционное управление насосами и узлами управления из помещения диспетчерской части;
- автоматическое включение системы оповещения людей о пожаре;
- автоматическое формирование командных импульсов на управление вентиляцией, технологическим и электротехническим оборудованием.

В насосной станции пожаротушения предусматривается световая сигнализация:

- о наличии основного и резервного питающих напряжений;
- о понижении давления в напорном трубопроводе;
- о неисправности;
- о пуске насосов;
- о пожаре (начале работы установки) с расшифровкой по узлам управления;
- об аварийном уровне пенообразователя в емкостях.

В помещении диспетчерской предусматривается звуковая и световая сигнализация:

- о наличии основного и резервного питающих напряжений;
- о неисправности установки;
- о пожаре (начале работы установки) с расшифровкой по узлам управления;
- об отключении автоматического пуска;
- о работе насосов;
- о несанкционированном вскрытии корпусов блоков и шкафов адресной системы.

Для управления лафетными стволами ЛСД-С60(20)У-Ех проектом приняты шкафы управления ШУ-1Б5-УИ, шкаф сетевого контроллера ШК-СК, устройство сопряжения с комплексным объектом УСО, устройство радиопередачи УРУ-К, пост для ПДУ-П (выпускаемые ЗАО «ЭФЭР»), обеспечивающие возможность автоматического управления стволами по цифровым сигналам от двух извещателей пламени ИПЭС-ИК/УФ на технологической площадке, местного управления лафетными стволами кнопочными постами ПВК-22, дистанционного управления пультом ПДУ-П и по радиоканалу пультом ПДУ-Р.

В качестве аппаратуры приема сигналов о пожаре и состоянии шлейфов сигнализации принят прибор ПС-4 с включением в линию связи адресной системы АСПС 01-13-1310. Сигнал о начале работы САПЗ также передается на станцию ПС-4 отдельным шлейфом.

Проектом предусматривается оповещение людей о пожаре с применением взрывозащищенного светозвукового оповещателя «Экран-СЗ» с обес-

печением контроля целостности цепей и продолжительности работы не менее 10 мин.

Система автоматической противопожарной защиты является потребителем электроэнергии I категории надежности.

Электропитание рабочих и резервных пожарных насосов с электродвигателями мощностью 160 кВт и насосов-дозаторов с электродвигателями мощностью по 7,5 кВт предусмотрено от двух независимых источников переменного тока напряжением 380/220 В, 50 Гц (технологический резерв).

Электропитание жockey-насоса для подкачки воды в напорный трубопровод (0,37 кВт) и электроприводов узлов управления мощностью 45 Вт предусмотрено от проектируемого шкафа АВР переменного тока 380/220 В, 50 Гц с БРП.

Электропитание аппаратуры адресной системы управления установками пожаротушения АСПС 01-130-1310 предусмотрено от сети переменного тока напряжением 220 В, 50 Гц и напряжением 24 В постоянного тока от встроенных аккумуляторных батарей и проектируемого шкафа АВР с БРП.

Мощность, потребляемая установкой от сети переменного тока, не превышает:

- в дежурном режиме — 1,0 кВт;
- в режиме восстановления — 1,5 кВт;
- в режиме «Пожар» — 170 кВт.

### 3.4. Принцип работы

В режиме контроля (до пожара) сеть автоматической установки пожаротушения до и выше узлов управления находится под давлением 2,5 кгс/см<sup>2</sup> от жockey-насоса.

При возникновении пожара сигналы от двух извещателей пламени на технологической площадке поступают в систему АСПС 01-13-1310, которая включает светозвуковой оповещатель о пожаре «Экран-СЗ». Одновременно производится автоматическое открытие узлов управления (кранов шаровых с электроприводом) на питающих водяном и пенном трубопроводах и обеспечивается подача воды из напорного трубопровода в насосной станции. Сигналы о пожаре поступают также на устройство сопряжения с комплексным объектом УСО, которое включает программу сканирования лафетных стволов ЛСД-С60(20)У-Ех.

При падении давления в напорном трубопроводе до 1,5 кгс/см<sup>2</sup> происходит плавный запуск основного пожарного насоса. При невыходе основного пожарного насоса на расчетный режим в течение 10 с плавно включается резервный пожарный насос, а рабочий отключается. При достижении в напорном трубопроводе подачи воды расчетного давления 12,5 кгс/см<sup>2</sup> происходит запуск рабочего насоса-дозатора. При невыходе основного насоса-до-

затора на расчетный режим в течение 10 с включается резервный, а рабочий отключается.

Сигналы о состоянии и работе установки передаются на прибор ЦП-1М в помещение диспетчерской. Аппаратура АСПС 01-13-1310 формирует сигналы на отключение вентиляции, технологического и электротехнического оборудования. При повреждении шлейфов, включенных в периферийные устройства системы АСПС 01-13-1310, устройства переходят в режим работы «Неисправность» и передают по линии связи на прибор ЦП-1 извещение о неисправности установки с указанием своего адреса и кода неисправности. Управление работой лафетных стволов при необходимости возможно с помощью пультов дистанционного управления ПДУ-П и ПДУ-Р. Звуковая и световая сигнализация о работе и состоянии установок пожаротушения и пожарной сигнализации формируется на центральном приборе ЦП-1М.

Дистанционный пуск насосной станции возможен в двух вариантах:

- с пульта ЦП-1М в помещении диспетчерской;
- с использованием ручных извещателей пожара ИП535-07е.

Во втором варианте при поступлении в систему АСПС 01-13-1310 сигнала от ручного пожарного извещателя происходит запуск насосной станции.

Управление работой лафетных стволов при необходимости возможно с помощью пультов дистанционного управления ПДУ-П и ПДУ-Р.

Проектом предусмотрен местный пуск насосов и узлов управления (кранов шаровых с электроприводом) кнопками на шкафах управления в насосной станции и местное управление лафетными стволами ЛСД-С60(20)У-Ех взрывозащищенными кнопочными постами ПВК.

Лафетные стволы широко используются для защиты объектов нефтяной промышленности. На рис. 9.10–9.14 показаны типовые объекты, защищаемые лафетными стволами. Это трубопроводные системы (см. рис. 9.10), нефтяные терминалы (см. рис. 9.11), нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) (см. рис. 9.12 и 9.13), морские нефтяные платформы (см. рис. 9.14), морские нефтяные порты (см. рис. 9.8).

Рис. 9.10. Балтийская трубопроводная система (г. Приморск)





Рис. 9.11. Нефтяные терминалы «Лукойл-2» (г. Высоцк Ленинградской области)



Рис. 9.12. Киришский НПЗ (ЛСД-С60(20)У-Ех взрывозащищенные)



Рис. 9.13. Объекты Роснефти. Московский НПЗ (ЛСД-С60У-Ех, ЛСД-С40У-Ех взрывозащищенные)



Рис. 9.14. Нефтяные платформы месторождения «Кравцовское» (Калининградская область)

## ГЛАВА 4. Автоматические установки пожаротушения на базе лафетных стволов с осцилляторами

### 4.1. Назначение и область применения

Автоматические установки пожаротушения (АУП) на базе лафетных стволов с осцилляторами (ЛСо) применяются в качестве автоматических установок водяного и пенного пожаротушения прямыми и распыленными (с изменяемым углом факела) струями для защиты объектов промышленного и гражданского назначения.

АУП-ЛСо способны создавать высокую интенсивность орошения и являются эффективной альтернативой дренчерным АУП. Один лафетный



ствол заменяет сотню оросителей, а трубопроводная сеть ограничивается только магистральным подводящим трубопроводом.

АУП-ЛСо применяются для охлаждения резервуаров с нефтепродуктами (рис. 9.15), защиты стеллажных складов, объектов энергетики, для создания водяных завес.

ЛСо выпускаются в комплекте с дисковыми затворами с эжекторными и дефлекторными насадками в соответствии с ГОСТ Р 51115–97

и по ТУ ЗАО «ЭФЭР»: ЛСо — по ТУ 4854-003-16820082–2008, дисковые затворы, эжекторные и дефлекторные насадки — по ТУ 4854-003-16820082–2008.



Рис. 9.15. Лафетный ствол с осциллятором охлаждает резервуар РВС-100000

## 4.2. Состав АУП-ЛСо

В состав АУП-ЛСо входят пожарные лафетные стволы с осцилляторами качения типа ЛС-С20Уо, ЛС-С40Уо, ЛС-С60Уо, ЛС-С100Уо по ТУ 4854-003-16820082-2008 (см. ч. 7, рис. 7.14 и 7.15) или пожарные лафетные стволы с осцилляторами кругового вращения типа ЛС-С20Уок (см. рис. 9.16), ЛС-С40Уок, ЛС-С60Уок, ЛС-С100Уок.

Лафетные стволы с осцилляторами подключаются к магистральному подводящему трубопроводу с использованием дисковых затворов с электроприводами ДЗЭ-80, ДЗЭ-100 с блоками управления. На взрывоопасных объектах применяются дисковые затворы с электроприводами ДЗЭ-80Ех, ДЗЭ-100Ех во взрывозащищенном исполнении.

Лафетные стволы могут быть оснащены также эжекторными насадками для подачи пенообразователя в установках пенного пожаротушения и дефлекторными насадками для получения плоской струи при создании водяных завес.

## 4.3. Принцип работы АУП-ЛСо

При возникновении пожара от прибора приемно-контрольного устройства (ППКУ) системы пожарной сигнализации, входящей в состав АУП-ЛСо, поступает адресный сигнал в блоки управления на открытие задвижек в зоне срабатывания пожарных извещателей. Одновременно от ППКУ поступают управляющие сигналы на включение пожарного насоса, звуковой и световой пожарной сигнализации, на управление технологическими системами, системами вентиляции и т. п. После открытия задвижек к ЛСо от магист-

рального трубопровода поступает вода или раствор пенообразователя, и ЛСо приступает к орошению защищаемой зоны с осциллированием струи по заданной площади.

#### **4.4. Особенности проектирования АУП-ЛСо**

Выбор и размещение лафетных стволов с осцилляторами, углы осциллирования и количество одновременно работающих стволов определяются при проектировании с учетом характеристик конкретного объекта. Расстановка ЛСо должна исключать протяженные «мертвые» зоны, недостижимые для ОТВ. В этих зонах допускается применять спринклерные, дренчерные или другие локальные установки пожаротушения.

Средняя интенсивность орошения определяется как отношение общего расхода задействованных при пожаре лафетных стволов (л/с) к площади зоны орошения (м<sup>2</sup>) за время длительности цикла (с) и должна быть не менее нормируемой интенсивности орошения, установленной для дренчерных систем.

АУП-ЛСо должна позволять функционирование:

- в режиме автоматического орошения зоны тушения;
- в дистанционном режиме: управление дисковым затвором с пульта управления;
- в ручном режиме: открытие/закрытие дискового затвора, наведение ствола, установка угла распыления.

АУП-ЛСо должна осуществлять формирование сигналов на включение пожарного насоса, запорно-пусковых устройств с электроприводом, включение звуковой и световой пожарной сигнализации, передачу сигналов в пожарную часть, передачу сигнала «Пожар» на пожарный пост (в диспетчерскую) и передачу сигналов для управления технологическими системами, системами вентиляции и т. п. после регистрации сигнала о пожаре, полученного от автоматической установки пожарной сигнализации или других устройств, инициирующих запуск АУП-ЛСо.

## **ГЛАВА 5. Проектные решения по применению АУП-ЛСо для групп однородных объектов**

### **5.1. АУП-ЛСо на защите стеллажных складов**

Рассмотрим применение АУП-ЛСо (рис. 9.16 и 9.17, табл. 9.6) для стеллажных складов с применением лафетных стволов с осцилляторами кругового вращения. Особым условием применения АУП-ЛСо в высотных стел-

лажных складах является обеспечение расстояния от верха складироваемых материалов до перекрытия не менее 2 м.

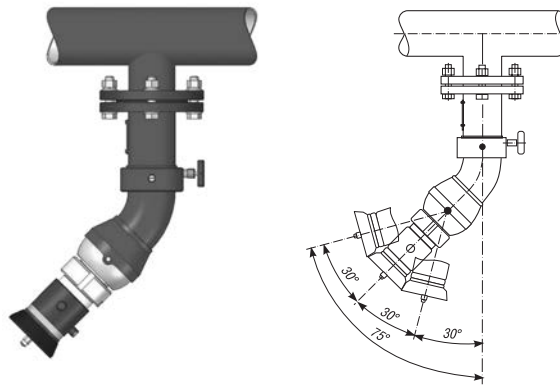


Рис. 9.16. Общий вид АУП-АСо

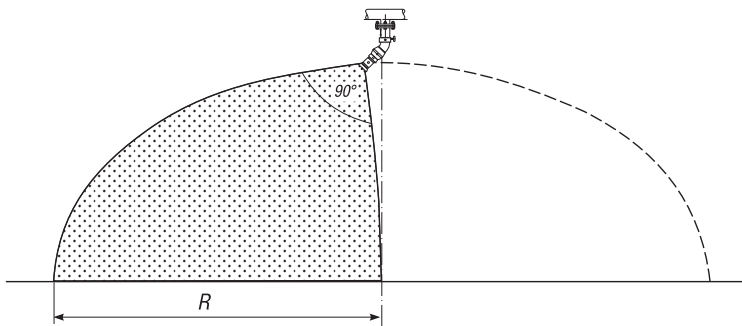


Рис. 9.17. Зона орошения АУП-АСо при угле распыления 90°

Таблица 9.6

**Зона орошения ЛС с осцилляторами кругового вращения**

Дапõía áíáú ìðè áááèáíèè 0,6 ì Ìà, ë/ñ	Ðááèõñ çííú ìðíøáíèý ìðííèðèáèúíí ìèè áðáúáíèý ñðáíèà R, ì	Ì áúáý íèí úááú çííú ìðíøáíèý, ì <sup>2</sup>
20	21	1384
40	28	2460
60	30	2826
100	32	3215
120	37	4300

Выбор стволов с осцилляторами с круговым вращением осуществляется с учетом требуемой интенсивности орошения. Интенсивность орошения и расчетная площадь орошения АУП-ЛСо принимаются как для дренчерных установок пожаротушения. На рис. 9.18 приведен вариант использования АУП-ЛСо для защиты склада размерами в плане 30×48 м, с заданной интенсивностью орошения зон стеллажей не менее 0,6 л/(с·м<sup>2</sup>). Склад разбит на 10 секций. Площадь диктующей секции 154,5 м<sup>2</sup>. Для обеспечения требуемой интенсивности орошения достаточно 20 стволов ЛС-С60Уок с расходом по 60 л/с. Общий расход из расчета одновременной работы двух стволов (одна секция) составляет 120 л/с.

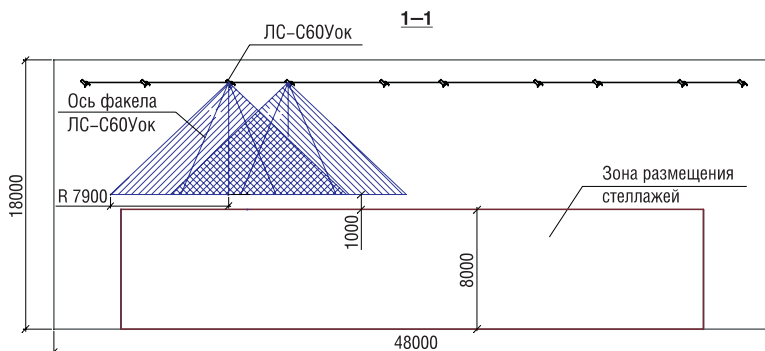
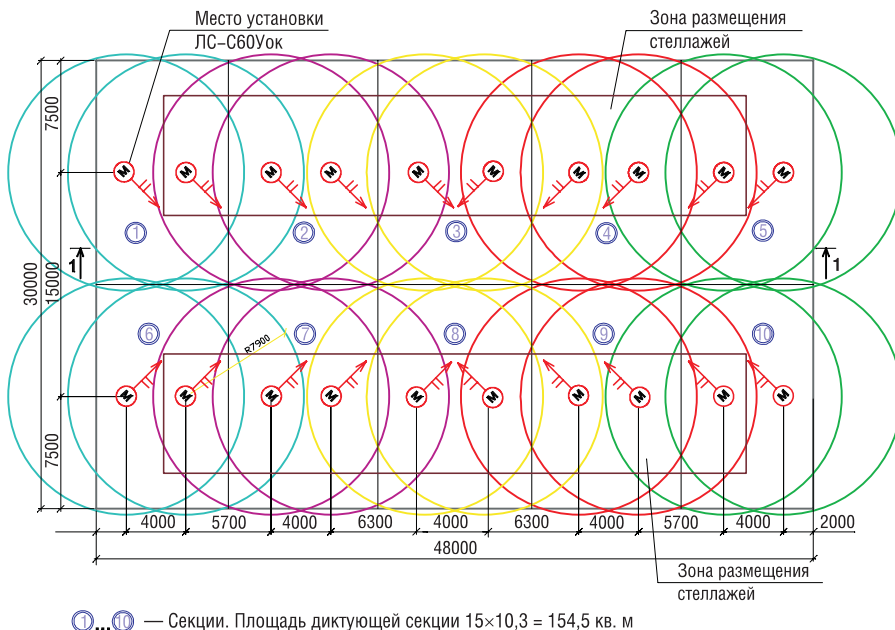


Рис. 9.18. Пример применения АУП-ЛСо для защиты склада размерами в плане 30×48 м

Площадь орошения и, соответственно, интенсивность орошения могут изменяться установкой угла распыления от 30 до 90°. Углом поворота насадка  $\pm 30^\circ$  производится регулировка начала зоны орошения от оси вращения осциллятора.

## **5.2. АУП-ЛСо на защите пункта экипировки тепловозов в ТЧ–Елецкая (г. Кострома)**

Назначением объекта «Пункт экипировки тепловозов в ТЧ–Елецкая» является выполнение операций по приемке, хранению и выдаче дизельного топлива и экипировочных масел, используемых для экипировки локомотивов депо ТЧ–Елецкая.

В пункте экипировки предусматривается заправка тепловозов марок 2ТЭ10В, ЧМЭ-3, ТЭП-70. В состав поставляемых ГСМ в пункт экипировки входят: дизельное топливо, дизельные масла и смазки. Помещение экипировочной представляет собой одноэтажный прямоугольный объем с размерами в осях 39,40×7,40 м, площадью 292 м<sup>2</sup> и высотой 7,75 м. Для сквозного проезда локомотива в торцах предусмотрены ворота. Помещение отапливаемое, оборудовано принудительной вентиляцией, категории В по СП 12.13130.2009 [34], класса В-1б по ПУЭ [51].

В соответствии с СП 5.13130.2009 (прил. Б) [20] защищаемый объект относится к группе помещений 4.2 (пожарная нагрузка 2200 МДж/м<sup>2</sup>). Согласно ВНПБ 2.02/МПС-02 «Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией» помещение экипировочной подлежит автоматическому пожаротушению.

### ***Основные проектные решения***

С учетом наличия большого количества зимнего дизельного топлива наиболее подходящим огнетушащим веществом для тушения пункта экипировки тепловозов является 1 %-ный раствор синтетического фторсодержащего биоразлагаемого пенообразователя ПО-РЗФ. Интенсивность орошения защищаемой площади раствором пенообразователя по табл. 5.1 СП 5.13130.2009 [20] для помещений группы 4.2 составляет 0,17 л/(с·м<sup>2</sup>).

Для подачи пенораствора на очаг пожара в экипировочной предусматриваются 4 лафетных ствола ЛС-С20Уоэ с осцилляторами и эжекторными насадками.

Стволы размещены на площадках на отм. 4,8 м с учетом возможности орошения каждой стороны тепловоза двумя распыленными струями с углом распыления 90° и углом осциллирования до 110°. Баки вместимостью 400 л

для хранения пенообразователя размещаются непосредственно под площадками.

Средняя интенсивность орошения АУП-ЛС-20Уоэ определяется как отношение общего расхода задействованных при пожаре лафетных стволов (л/с) к площади зоны орошения (м<sup>2</sup>) за время длительности цикла (с) и должна быть не менее нормируемой интенсивности орошения, установленной для дренчерных систем. Проектом предусматривается одновременная работа 4 стволов с расходом 20 л/с. Общий расход пенораствора составляет 80 л/с. Средняя интенсивность орошения АУП-ЛСэо защищаемой площади:  $80:292 = 0,23 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$ .

Подача пенообразователя в струю воды лафетного ствола предусматривается с помощью эжекторного насадка, соединенного с баком хранения ПО-РЗФ комплектным шлангом.

В экипировочной проектом предусматривается кольцевой водопровод (сухотруб) с отводами ДУ 80 к лафетным стволам. Необходимый расход воды и напор обеспечиваются от насосной станции пожаротушения по двум вводам. На каждом вводе в кольцевой предусматривается дисковый затвор с электроприводом.

В дежурном режиме водопровод заполнен до дисковых затворов. При открытии дисковых затворов на вводах и падении давления происходит запуск насосной станции пожаротушения, и вода подается к лафетным стволам. Гарантируемый напор на входе стволов ЛС-С20Уэо при их одновременной работе не менее 0,6 МПа.

В качестве устройств пожарообнаружения в экипировочной приняты взрывозащищенные извещатели пламени ИП329-5В «Аметист».

Установка пожаротушения должна обеспечивать автоматическую подачу огнетушащего вещества (пенораствора) одновременно из четырех стволов при поступлении сигнала о пожаре от автоматической установки пожарной сигнализации в экипировочной.

Алгоритм работы установки следующий:

- при срабатывании двух извещателей пламени приемная аппаратура выдает сигнал на открытие запорной арматуры на вводе кольцевого водопровода В22;
- при открытии запорной арматуры на вводе автоматически включается насос подачи воды в насосной станции пожаротушения, обеспечивая необходимый расход и напор в сети пожаротушения;
- вода поступает к лафетным стволам, и эжекторный насадок дозирует и подает пенообразователь в струю воды;
- гидравлический осциллятор перемещает ствол в пределах заданного угла, и защищаемый объект орошается струей пенораствора.

При необходимости допускается применять ручное механическое управление непосредственно рукоятью, расположенной на лафетном стволе.

### **Расчет количества пенообразователя**

Общий расход раствора пенообразователя составляет  $20 \cdot 4 = 80$  л/с.

Время работы установки для помещений категории В1 — 15 мин.

В соответствии с п. 5.9.21 СП 5.1330.2009 [20] на объекте следует иметь 100 %-ный запас пенообразователя.

Количество пенообразователя в зависимости от расхода ОТВ и времени работы установки с учетом 100 %-ного резерва составит:

$$4 \cdot 20 \cdot 15 \cdot 60 \cdot 0,01 \cdot 2 = 1440 \text{ л} = 1,44 \text{ м}^3.$$

### **5.3. АУП-ЛСо на защите объектов энергетики**

Руководством ОАО «ФСК ЕЭС» в 2009 г. была поставлена задача разработки альтернативных решений по системам пожаротушения маслонеполненных силовых трансформаторов взамен дренчерных оросителей ОПДР, имеющих ряд существенных недостатков. ЗАО «ЭФЭР» разработана новая технология пожаротушения на базе АУП-ЛСо для защиты маслонеполненных силовых трансформаторов, высоковольтного оборудования и электрооборудования различного назначения для открытой установки.

Предлагаемая технология пожаротушения обладает рядом преимуществ:

- используется только кольцевой трубопровод с установленными на нем лафетными стволами (ЛС) без традиционной трубной обвязки с распределительной сетью оросителей;

- расположение лафетных стволов для распыления воды на автотрансформатор (далее — АТ) на доступной высоте значительно облегчает как эксплуатацию и производство работ по их техническому обслуживанию, так и обслуживание трансформаторов и высоковольтного оборудования, так как в этом случае не требуется применение подъемных устройств и отключение трансформатора. При этом снижается вероятность выхода из строя системы пожаротушения при возникновении возгорания;

- лафетные стволы имеют регулировку направления струи по горизонтали и вертикали, возможность изменения угла факела распыления воды, что может оказать положительное влияние на эффективность тушения локальных возгораний как на самом АТ, так и на прилегающей к нему территории;

- значительное уменьшение массы и габаритных размеров установки, возможность использования существующей системы водоснабжения (трубопроводов, насосной станции пожаротушения) при сохранении заданной интенсивности орошения снижают стоимость и эксплуатационные расходы

при замене существующих АУП с оросителями ОПДР на лафетные стволы с осцилляторами;

- применение лафетных стволов с осциллирующими устройствами уменьшает негативное воздействие ветра, приводящее к сносу струи, так как угол подачи воды относительно направления ветра при работе осциллятора меняется;

- положение лафетных стволов и их элементов идентифицируется специальными приспособлениями на ЛС, что позволяет при необходимости вернуться к первоначальным настройкам, в частности после технического обслуживания ЛС, и т. п.



Рис. 9.19. АУП-АСо на ПС 500 кВ Новокаширская

Указанные преимущества отмечены в отчете «О применении пожарных лафетных стволов АУПТ на ПС 500 кВ Новокаширская» (рис. 9.19) после ее двухлетней опытной эксплуатации, в течение которой не были выявлены какие-либо дефекты и недостатки.

Пожарные лафетные стволы ЛС-С20(15; 25)У и ЛС-С40(20)Уо, входящие в состав автоматических установок пожаротушения, получили аттестацию (заключение аттестационной комиссии ОАО «ФСК ЕЭС»<sup>1</sup> 29-12 от 21.05.2012 г.) как средства, предназначенные для применения на объектах энергетики России.

На рис. 9.20 и 9.21 представлена схема защиты силового масляного трансформатора автоматической установкой пожаротушения с применением

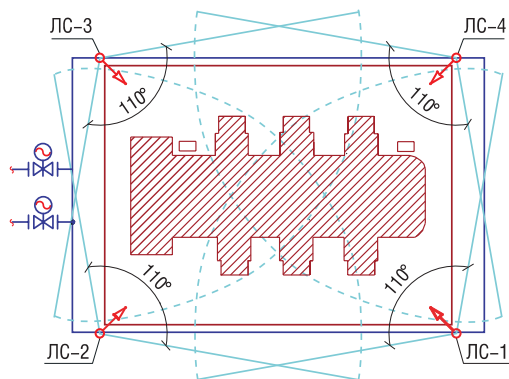


Рис. 9.20. Схема защиты силового масляного трансформатора автоматической установкой пожаротушения с применением лафетных стволов с осцилляторами

лафетных стволов с осцилляторами. Лафетные стволы устанавливаются на кольцевом противопожарном водопроводе Ду 200 по периметру автотрансформатора на расстоянии не менее 2,5 м в соответствии с требованиями ПУЭ [51]. Размещение стволов обеспечивает орошение каждой точки автотрансформатора не менее чем двумя струями.

Средняя интенсивность орошения определяется как отношение общего расхода задействованных при пожаре лафетных стволов



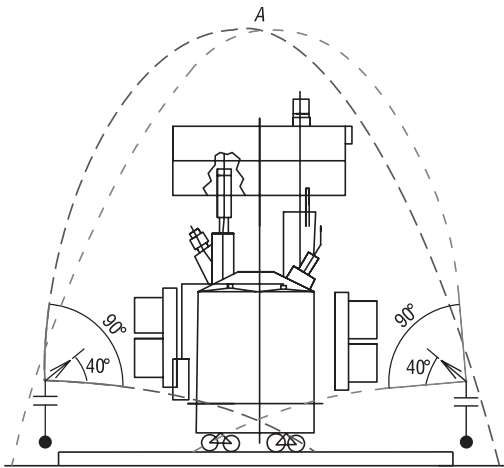


Рис. 9.21. Схема установки лафетных стволов с осцилляторами на плане объекта в разрезе

(л/с) к площади зоны орошения ( $m^2$ ) за время длительности цикла ( $c$ ) и должна быть не менее нормируемой интенсивности орошения, установленной для дренчерных систем.

Для составления карт орошения применен метод эмпирического исследования траекторий струй посредством инженерной фотографии, разработанный специалистами инженерного центра. Метод учитывает функциональную зависимость интенсивности орошения от таких параметров струй, как расход, давление, угол наклона ствола в вертикальной плоскости, угол распыления струи и т. п. Полученные данные об-

рабатываются на ПЭВМ и используются при проектировании систем пожаротушения.

Рассмотрим расчет наружной установки водяного пожаротушения высоковольтного (320/220 кВ) автотрансформатора АТДЦТН240000/320/220-7291 с применением лафетных стволов ЛС-С20Уо. Общая площадь, подлежащая защите установкой пожаротушения, включает в себя вертикальные и горизонтальные наружные поверхности элементов автотрансформатора. С учетом 10 %-ного запаса на неучтенные крепления и трубопроводы расчетная защищаемая площадь составляет  $325 m^2$ . Минимальное количество лафетных стволов ЛС-С20(15; 25)Уо для защиты объекта — 4 шт.

При расчете учитывалось орошение каждой точки защищаемой поверхности двумя струями при давлении 0,6 МПа и дальности подачи струи 10 м (при углах распыления  $90^\circ$ , возвышения ствола  $40^\circ$  и расходе 20 л/с). Расход воды на пожаротушение составит 80 л/с; при этом интенсивность орошения будет  $0,24 л/(с \cdot m^2)$  при норме  $0,20 л/(с \cdot m^2)$ . С учетом минимального расхода на наружное пожаротушение не менее 10 л общий расход установки пожаротушения составит 90 л/с.

Таким образом, расход автоматической установки пожаротушения автотрансформатора с применением осциллирующих лафетных стволов не превышает расхода дренчерных систем с оросителями ОПДР, что позволяет с минимальными затратами при реконструкции систем пожаротушения объектов энергетики применить более современные технологии без замены существующих систем водоснабжения.

#### 5.4. АУП-ЛСо с установками водоснабжения УПАТ «Союз» на защите памятников деревянного зодчества

В России много памятников деревянного зодчества, расположенных в живописных местах. Они, как правило, удалены от современной инфраструктуры. Их защита может строиться только с использованием автономных установок без сетей водоснабжения с насосными станциями и сетей электроснабжения с трансформаторными подстанциями.

Одним из наиболее удачных технических решений для таких объектов является применение установок пожаротушения УПАТ и лафетных осциллирующих стволов (рис. 9.22).

Эти установки не будут влиять на эстетическое восприятие памятников деревянного зодчества, если емкости с хранением запаса огнетушащего вещества заглубить в землю.

Об эффективности установок УПАТ можно судить по результатам испытаний, проводимых во ВНИИПО: горение 2 т бензина на площади 72 м<sup>2</sup> было прекращено подачей раствора пенообразователя с расходом 20 л/с за 20 с.



Рис. 9.23. Установка УПАТ-2000 с лафетным стволом



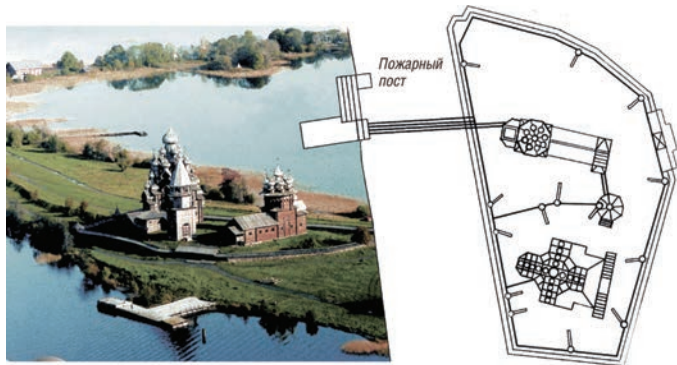
Рис. 9.22. Кижь. Часовня в Подбельниках

Для защиты удаленной часовни в Подбельниках, входящей в состав «Кижского ожерелья» вокруг о. Кижь, предлагается оборудовать зону защиты установками УПАТ-2000 (4 шт.) по 2000 л (рис. 9.23). На каждой емкости устанавливаются лафетные осциллирующие стволы ЛС-С20Уо с расходом 20 л/с.

Установка запускается от адресной системы наружной пожарной сигнализации. При срабатывании по одной из 4-х сторон пожарных датчиков поступает сигнал по радиоканалу на пункт круглосуточного дежурства и включается телекамера наружного наблюдения. Оператор может контролировать ситуацию на объекте и принять решение о запуске системы пожаротушения или «отбое тревоги». Если в течение установленного времени оператор решения не принял, то система запускается автоматически. При этом срабатывает пиропатрон и в лафетный ствол подается вода под рабочим давлением. В работу включается осциллятор, который циклично перемещает ствол, и распыленная вода орошает объект в заданном секторе.

# ЗАЩИТА ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РОБОТИЗИРОВАННЫХ УСТАНОВОК ПОЖАРОТУШЕНИЯ

С появлением серийно выпускаемых пожарных роботов область применения автоматических установок пожаротушения (АУП) значительно расширилась. Большие технические возможности пожарных роботов, роботизированных установок пожаротушения (РУП) на их основе, представляющих



Кижы с высоты птичьего полета и план-схема защиты памятника пожарными роботами

собой новые технологии пожаротушения, дают возможность применять РУП там, где традиционные спринклерные и дренчерные АУП малоэффективны или неприемлемы. Это помещения больших производственных площадей, высокопролетные здания и сооружения: ангары для самолетов, спортивные и выставочные комплексы с массовым пребыванием людей, тоннели, склады различного назначения. Это и наружные пожароопасные объекты. В настоящее время уже сотни объектов в России и СНГ оснащены пожарными роботами.

Сегодня можно констатировать, что пожарные роботы, наряду с известными технологиями пожаротушения, вошли в состав базовых технических средств пожарной автоматики. Их статус закреплен законодательно, нормативно, технически. Технические требования на роботизированные установки пожаротушения определены федеральным законом <sup>1</sup> 123-ФЗ [30]. В настоящее время выпускается целый арсенал пожарной робототехники в соответствии с ГОСТ Р 53326–2009 [42]. В СП 5.13130.2009 [20] по АУП выделена целая глава с нормативными требованиями по проектированию РУП. В новых сводах правил по зданиям и сооружениям, где применяются РУП, также даны рекомендации по проектированию.

В части 9 «Пожарная робототехника» были рассмотрены основные технические требования к пожарным роботам и РУП, их технические показатели, варианты исполнений, принцип действия. В части 10 книги даны рекомендации по проектированию РУП, приведены проектные решения для защиты объектов с использованием РУП.

## ГЛАВА 1. Классификация и требования к установкам пожаротушения

Установки пожаротушения — это совокупность стационарных технических средств, предназначенных для тушения пожара путем выпуска огнетушащего вещества. Установки пожаротушения должны обеспечивать локализацию или ликвидацию пожара.

### 1.1. Классификация установок пожаротушения

Установки пожаротушения классифицируются следующим образом:

- по *степени автоматизации*: автоматические, автоматизированные, автономные и ручные;
- по *виду огнетушащего вещества*: жидкостные (вода, водные растворы, другие огнетушащие жидкости), пенные, газовые, порошковые, аэрозольные и комбинированные;
- по *способу тушения*: объемные, поверхностные, локально-объемные и локально-поверхностные.

Автоматические установки пожаротушения являются одним из самых эффективных способов защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара.

### 1.2. Общие требования к установкам пожаротушения

Тип установки пожаротушения, способ тушения и вид огнетушащего вещества с учетом рекомендаций, рассмотренных в гл. 7 ч. 4 книги, определяются организацией-проектировщиком. При этом установка пожаротушения должна обеспечивать:

- реализацию эффективных технологий пожаротушения, оптимальную инерционность, минимально вредное воздействие на защищаемое оборудование;
- срабатывание в течение времени, не превышающего длительности начальной стадии развития пожара (критического времени свободного развития пожара);

- необходимую интенсивность орошения или удельный расход огнетушащего вещества;
- тушение пожара в целях его ликвидации или локализации в течение времени, необходимого для введения в действие оперативных сил и средств;
- требуемую надежность функционирования.

### 1.3. Назначение автоматических установок пожаротушения

Применение автоматических и (или) автономных установок пожаротушения должно обеспечивать достижение одной или нескольких из следующих целей:

- 1) ликвидация пожара в помещении (здании) до возникновения критических значений опасных факторов пожара;
- 2) ликвидация пожара в помещении (здании) до наступления пределов огнестойкости строительных конструкций;
- 3) ликвидация пожара в помещении (здании) до причинения максимально допустимого ущерба защищаемому имуществу;
- 4) ликвидация пожара в помещении (здании) до наступления опасности разрушения технологических установок.

### 1.4. Требования к системам автоматического пожаротушения

АУП должны монтироваться в зданиях и сооружениях в соответствии с проектной документацией, разработанной и утвержденной в установленном порядке.

АУП должны быть обеспечены:

- 1) расчетным количеством огнетушащего вещества, достаточным для ликвидации пожара в защищаемом помещении, здании или сооружении;
- 2) устройством для контроля работоспособности установки;
- 3) устройством для оповещения людей о пожаре, а также дежурного персонала и подразделения пожарной охраны о месте его возникновения;
- 4) устройством для ручного пуска установки пожаротушения.

Автоматические установки пожаротушения должны обеспечивать ликвидацию пожара поверхностным способом путем подачи огнетушащего вещества с требуемой интенсивностью на защищаемую площадь в целях создания условий, препятствующих возникновению и развитию процесса горения.

Способ подачи огнетушащего вещества в очаг пожара не должен приводить к увеличению площади пожара вследствие разлива, разбрызгивания

или распыления горючих материалов и к выделению горючих и токсичных газов.

В проектной документации на монтаж АУП должны быть предусмотрены меры по удалению огнетушащего вещества из помещения, здания и сооружения после его подачи.

Автоматические установки пожаротушения и пожарной сигнализации в зависимости от разработанного при их проектировании алгоритма должны обеспечивать своевременное автоматическое обнаружение пожара и автоматический запуск установки пожаротушения, подачу управляющих сигналов на технические средства оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, приборы управления установками пожаротушения и технические средства управления системой противодымной защиты, инженерным и технологическим оборудованием.

Автоматические установки пожаротушения и пожарной сигнализации должны обеспечивать автоматическое информирование дежурного персонала о возникновении неисправности линий связи между отдельными техническими средствами, входящими в состав установок.

Пожарные извещатели и иные средства обнаружения пожара должны располагаться в защищаемом помещении таким образом, чтобы обеспечивать своевременное обнаружение пожара в любой точке этого помещения.

Системы пожарной сигнализации должны обеспечивать подачу светового и звукового сигналов о возникновении пожара на приемно-контрольное устройство в помещении дежурного персонала или на специальные выносные устройства оповещения.

Ручные пожарные извещатели должны устанавливаться на путях эвакуации в местах, доступных для их включения при возникновении пожара.

## **ГЛАВА 2. Рекомендации по проектированию РУП**

### **2.1. Технические показатели РУП, рекомендуемые для учета при проектировании**

Для применения ПР необходимо знать их технические возможности и отличительные особенности, чтобы правильно использовать их для решения технических задач по защите объектов. Вот основные отличительные особенности ПР и РУП, которые рекомендуется учитывать при проектировании:

- наличие в составе ПР как средств обнаружения загорания, так и средств подачи ОТВ, формирующих сосредоточенные центры тушения, что позволяет проектировать системы защиты только с магистральными (более надежными и менее затратными) коммуникациями;

- осуществление водоснабжения только по магистральной сети — без разветвленной распределительной сети, характерной для спринклерных и дренчерных систем;
- возможность защищать большие площади с одной точки с учетом адресной доставки ОТВ — от 5 до 15 тыс. м<sup>2</sup> при расходах от 20 до 60 л/с соответственно;
- адресная доставка воды и пены по воздуху по всей защищаемой зоне непосредственно на очаг загорания с учетом площади загорания, а не на фиксированную площадь, определенную проектом раз и навсегда;
- применение метода строчного сканирования по фактической площади загорания, определяемой датчиками обнаружения возгорания, с возможностью изменения координат и площади сканирования в соответствии с реальной картиной развития пожара при соблюдении требуемой интенсивности орошения;
- возможность определения координат и площади поверхности горения в трехмерной системе координат, что дает возможность производить тушение с учетом расстановки технологического оборудования в пространстве помещения в трехмерной системе координат;
- определение загорания в начальной стадии и с высокой точностью (чувствительность обнаружения очага возгорания составляет 0,1 м<sup>2</sup>);
- возможность управлять формой струи, например изменять угол факела распыления в зависимости от дальности подачи ОТВ, что дает возможность накрывать очаг распыленной струей без ее сильного гидромеханического воздействия;
- возможность концентрации всей мощности насосной для подачи ОТВ со всех стволов в радиусе их действия на один очаг возгорания;
- гибкое реагирование на различные сценарии развития пожара, т. е. возможность изменять программу пожаротушения по времени, по данным датчиков пламени, подключать резервный ПР при отказе рабочего;
- перепрограммирование программы тушения (например, при изменении технологии можно изменить нормативную интенсивность пожаротушения);
- видеоконтроль ТВ-камерами процесса пожаротушения с регистрацией и ведением электронного протокола последовательности действий;
- самотестирование системы в дежурном режиме с формированием сообщений о необходимости коррекции по указанному адресу, что поддерживает систему в постоянной готовности;
- возможность выбора конструктивных исполнений ПР:

- с 3-й степенью подвижности — с механизмом подъема-опускания, например, для встраивания скрыто, заподлицо с полом, в ангарах для самолетов, что позволяет размещать стволы прямо под фюзеляжем самолета на проезжей части;
- с 3-й степенью подвижности — с механизмом выдвижения, например, для встраивания скрыто, в стену, в концертных залах, что позволяет сохранить интерьер и ограничить несанкционированный доступ;
  - возможность выбора ПР по условиям среды (с нормальными условиями, взрывозащищенное, для северных районов, морское исполнение);
  - возможность наращивания системы увеличением количества ПР без смены базового оборудования системы управления;
  - формирование полидисперсных распыленных струй, содержащих как большие высокоэнергетичные капли, так и мелкие капли ТРВ, что позволяет эффективно тушить как маленькие очаги, так и реальные пожары площадью более 5 м<sup>2</sup>;
  - возможность применения ПР в дистанционном и ручном режимах непосредственно прибывшими на пожар пожарными, так как ПР включает в себя ствольную технику, применяемую пожарными;
  - эффективность ПР с экономической точки зрения: стоимость электронных и программных средств падает значительно быстрее, чем растет стоимость «железа» и монтажных работ по прокладке километров труб спринклерных и дренчерных систем в труднодоступных местах. Кроме того, надо учитывать косвенные расходы, связанные с разной эффективностью установок и, соответственно, разными ущербами как от пожара, так и от избыточного количества ОТВ.

## 2.2. Нормативные и технические документы по проектированию РУП

При разработке проектов роботизированных установок пожаротушения руководствуются нормативными документами. Такими базовыми документами для РУП являются федеральный закон страны о пожарной безопасности <sup>1</sup> 123-ФЗ (ст. 116) [30], СП 5.13130.2009 [20], ГОСТ Р 53326–2009 [42].

Для выбора состава РУП, типа пожарных роботов по их техническим характеристикам, условиям применения и назначению, их сопряжению с другими системами руководствуются техническими паспортами и руководствами по эксплуатации на изделия. Эти данные приведены также в ч. 8 данной книги.



## ГЛАВА 3. Технические требования по проектированию РУП

В соответствии с [30] роботизированные установки пожаротушения должны обеспечивать:

- 1) обнаружение и ликвидацию или ограничение распространения пожара за пределы очага без непосредственного присутствия человека в зоне работы установки;
- 2) возможность дистанционного управления установкой и передачи оператору информации с места работы установки;
- 3) возможность выполнения установкой своих функций в условиях воздействия опасных факторов пожара или взрыва, радиационного, химического или иного опасного для человека и окружающей среды воздействия.

В данной главе рассмотрены технические требования на проектирование РУП, с учетом нормативных документов СП 5.13130.2009 [20] и ГОСТ Р 53326–2009 [42], а также технических условий завода-изготовителя РУП ТУ 4854-005-16820082-2005 и типовых проектных решений из опыта проектных работ. Термины и определения, а также технические требования к РУП подробно рассмотрены в ч. 8 книги.

### 3.1. Технические требования к РУП

1. При проектировании РУП необходимо руководствоваться требованиями нормативных документов по РУП, приведенными в подразд. 2.2, а также ГОСТ 12.2.072–98 [58], ГОСТ Р 50680–94 [59] и ГОСТ Р 50800–95 [60].

2. В проекте РУП следует учитывать требования пожарной безопасности сводов правил по зданиям и сооружениям, в которых даются рекомендации по выбору АУП, например СП 135.13130.2012 [61], где в качестве АУП рассматривается РУП. Следует также использовать проектные решения производителя РУП, разработанные для группы однородных объектов и согласованные в установленном порядке через СТУ в соответствии с федеральным законом <sup>1</sup> 384 (ст. 6, п. 9) [62].

3. РУП должен включать в себя не менее двух ПР, затворы с электроприводом и устройство программного управления РУП.

4. ПР предназначен для формирования и направления сплошной или распыленной струи ОТВ к очагу пожара либо для охлаждения технологического оборудования и строительных конструкций.

5. В качестве огнетушащего вещества может использоваться вода или раствор пенообразователя.

6. Алгоритм совместного взаимодействия ПР, объединенных в РУП, и количество ПР, одновременно задействованных при подаче ОТВ (не менее двух), принимаются с учетом архитектурно-планировочных решений защищаемого помещения и размещенного в нем технологического оборудования. Алгоритм работы РУП предусматривает следующие функциональные действия:

- РУП принимает информацию от системы пожарной сигнализации о пожарных извещателях, от которых поступил сигнал о возникновении очага возгорания. Устройство управления РУП в соответствии с заложенной в него информацией формирует управляющие сигналы для тех ПР, которые будут искать очаг возгорания. При этом для каждого ПР указывается зона поиска очага возгорания, которая охватывает зону возможного очага возгорания;

- приняв управляющие сигналы, ПР выполняют поиск очага возгорания в заданной зоне, после чего каждый ПР передает информацию в устройство управления РУП о результатах поиска;

- на основании полученной от ПР информации устройство управления РУП определяет координаты очага возгорания в трехмерной системе координат и выбирает ПР для тушения очага возгорания;

- после обнаружения очага устройство управления РУП должно выполнять действия в такой последовательности:

- формирование управляющих сигналов с целью блокирования работы технологического оборудования, включения дополнительной сигнализации и т. п.;
- формирование управляющих сигналов для ПР, выполняющих программу тушения очага возгорания;
- формирование управляющих сигналов для ПР, выполняющих охлаждение конструкций;
- после выхода ПР в рабочую зону тушения или охлаждения формирование управляющих сигналов на открытие соответствующих затворов и на запуск насосов, а также на включение дополнительной сигнализации;
- при расстояниях от ПР до очага возгорания менее 15 м пожаротушение ведется с заданным углом распыления (указывается в проекте). При больших расстояниях пожаротушение производится компактной струей по площади строчными струями. В процессе тушения очага возгорания выполняется корректировка угла возвышения ПР с целью учета баллистики струи в зависимости от расстояния до очага возгорания и давления на выходе ПР.

7. ПР должен позволять функционирование в следующих режимах:

- автоматическое управление — позиционное или контурное программное сканирование;
- дистанционное управление — с пульта дистанционного управления;
- автоматизированное управление — под контролем оператора, совмещающее в себе автоматический и дистанционный режимы;
- ручное управление — органами ручного управления на ПР.

8. Алгоритм обнаружения загораний, поиска очага пожара и наведения на него пожарного ствола РУП должен соответствовать технической документации организации-изготовителя с учетом конкретных условий объекта защиты.

9. Каждая точка помещения или защищаемого оборудования должна находиться в зоне действия не менее чем двух ПР.

10. Расстановка ПР должна исключать протяженные «мертвые» зоны для датчиков обнаружения возгораний, а также «мертвые» зоны, не подверженные действию ОТВ.

11. ПР должны быть установлены на специальных площадках, которые должны обеспечивать удобство обслуживания ПР, если на объектах нет транспортируемых подъемников.

12. При монтаже ПР на площадке на высоте свыше 1 м от уровня отметки пола площадка должна быть оборудована ограждением для обеспечения безопасности обслуживающего персонала.

13. Доступ к оборудованию ПР должен быть удобным и безопасным.

14. Место размещения ПР не должно иметь препятствий для поворота ее пожарного ствола в горизонтальной и вертикальной плоскостях с учетом длины ствола и диапазона углов перемещения.

15. Перемещение пожарного ствола ПР для поиска очага загорания должно осуществляться по сигналу от автоматических пожарных извещателей общего обзора или от зонных автоматических пожарных извещателей пламени.

16. Автоматическое управление ПР с подачей ОТВ в пределах угловых координат загорания должно осуществляться по сигналу от устройства управления РУП после определения координат загорания.

17. Угловые координаты сканирования пожарного ствола РУП с подачей ОТВ следует определять в зависимости от погрешности наведения, позиционирования и обработки траектории сканирования ПР.

18. Для определения максимального расхода воды на пожаротушение принимается один пожар на всей территории защищаемого объекта. Общий расход и давление подачи огнетушащего вещества РУП должны определяться расчетным путем с учетом количества ПР, одновременно задействованных в рабочем режиме, гидравлических потерь в питающем трубопроводе, технологических особенностей объекта, группы помещений

(СП 5.13130.2009, прил. Б [20]), характера и величины пожарной нагрузки. Средняя интенсивность орошения при орошении сканированием определяется как отношение общего расхода двух ПР (л/с) к площади зоны орошения ( $\text{м}^2$ ) за время длительности цикла и должна быть не менее нормируемой интенсивности орошения, установленной для дренчерных систем.

19. Продолжительность непрерывной работы при подаче ОТВ должна соответствовать группе помещений (СП 5.13130.2009, прил. А [20]).

20. Трубопроводы РУП должны обеспечивать при пробном давлении  $P_{\text{п}} \geq 1,25P_{\text{раб}}$  максимальную прочность, но не менее 1,25 МПа, а при  $P_{\text{г}} \geq P_{\text{раб}}$  — максимальную герметичность, но не менее 1 МПа.

21. ПР и все блоки управления, находящиеся под переменным напряжением 220 В, должны иметь клемму и знак заземления. Знак заземления и место клеммы должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.030–81 [63] и ГОСТ 21130–75\* [64].

22. Пожарные стволы ПР, блоки управления, затворы с электроприводом должны быть окрашены в красный цвет по ГОСТ Р 12.4.026–2001 [65], ГОСТ Р 50680–94 [59] и ГОСТ Р 50800–95 [60].

### 3.2. Технические требования к пожарной сигнализации РУП

1. Каждый автоматический зонный пожарный извещатель пламени или группа извещателей, контролирующих одну зону, должны идентифицировать только контролируруемую ими зону.

2. Если для контроля одной зоны используется несколько зонных пожарных извещателей, то для подачи управляющей команды на поиск очага пожара группой РУП эти извещатели должны быть включены по логической схеме дизъюнкции (логической схеме «или»).

3. Включение пожарного насоса, затворов с электроприводом, передача сигналов в пожарную часть, включение звуковой и световой пожарной сигнализации, передача сигнала на пожарный пост (в диспетчерскую) «Пожар» и передача сигналов для управления технологическими системами, системами вентиляции и т. п. должны осуществляться после регистрации и определения координат устройством управления РУП.

4. При срабатывании автоматического извещателя общего обзора или любого автоматического зонного извещателя на пожарный пост (в диспетчерскую) должен поступать сигнал «Внимание».

### 3.3. Алгоритм расчета параметров РУП

1. Выбирается в зависимости от класса пожара на объекте вид огнетушащего вещества (ОТВ) — вода, пена (ГОСТ Р 12.3.047–98, табл. X.1 [33]).

2. Осуществляется с учетом пожаропасности и скорости распространения пламени выбор РУП по быстродействию.

3. Устанавливается в зависимости от температуры эксплуатации РУП тип системы водоснабжения (водозаполненная или воздушная).

4. Определяется в зависимости от температуры окружающей среды в зоне действия ПР номинальная чувствительность срабатывания датчиков пламени.

5. Принимаются с учетом выбранной группы защиты (СП 5.13130.2009, прил. Б и табл. 5.1–5.3 [20], ГОСТ Р 53326–2009, п. 5.1.6 [42]) расход ОТВ, расчетная площадь орошения и продолжительность подачи ОТВ. Подача ОТВ может быть остановлена при поступлении информации об отсутствии на защищаемом объекте очагов с номинальной температурой срабатывания ПР.

6. Выбирается тип ПР в соответствии с его расходом, расчетной площадью орошения и защищаемой им площадью, а также с архитектурно-планировочными решениями защищаемого объекта.

7. Намечается трассировка трубопроводов и план размещения ПР. Расстояние между ПР определяется исходя из того, что каждая защищаемая точка орошается двумя струями (по ГОСТ Р 53326–2009, пп. 2.1.3, 2.1.9 [42]). Для наглядности трассировка трубопроводов по объекту защиты выполняется в аксонометрическом виде.

8. Определение зон орошения на гидравлическом плане-схеме РУП берется из расчета 90 % максимальной дальности и давления на входе ПР с учетом потерь в сети при максимальном расходе.

9. Проводится гидравлический расчет РУП.

## **ГЛАВА 4. Проектные решения по применению РУП для групп однородных объектов**

Вопросы пожарной безопасности объектов закладываются на стадии проекта. РУП может содержать от 2 до 32 ПР в различном исполнении по условиям применения и назначению. Наличие гибкой перепрограммируемой системы управления позволяет учитывать архитектурно-планировочные и технологические параметры защищаемых помещений при привязке РУП к конкретному объекту. Для этого разрабатывается проект АУП вместе с проектом автоматической пожарной сигнализации в соответствии с СП 5.13130.2009 [20]. Проектом РУП учитываются места установки ПР, составляются карты орошения ПР и зоны защиты пожарной сигнализации; производится расчет и разводка сетей водоснабжения, соединительных кабельных линий связи, электропитания, теленаблюдения. Расходы огнетушащих средств следует определять исходя из интенсивности их подачи на 1 м<sup>2</sup> расчетной площади тушения, но не менее нормируемой интенсивности ороше-

ния, установленной для дренчерных систем для групп помещений с учетом минимальной площади орошения, на которую воздействует АУП в соответствии с табл. 5.1, прил. Б [20] и п. 5.1.6 [42].

Общие рекомендации по проектированию, рассмотренные в ч. 9 книги, касающиеся расстановки лафетных стволов с учетом расхода, давления и дальности, рекомендации по водоснабжению и гидравлическому расчету водопровода, типовые решения по автоматизированной насосной с пенодозаторным оборудованием в полной мере относятся и к проектированию РУП. Рассмотрим проектные решения по применению РУП для групп однородных объектов различного назначения.

#### 4.1. Защита ангаров для самолетов

Ангарный комплекс для стоянки и обслуживания воздушных судов относится к пожароопасным помещениям категории В (по СП 12.13130.2009 [34]), классу пожароопасности П-1 (по ПУЭ [51]), со степенью огнестойкости объекта II и подлежит оборудованию автоматической установкой пожаротушения. В качестве АУП в соответствии с требованиями для ангарного комплекса, согласованными во ВНИИПО и ДНД МЧС РФ, принимается роботизированный пожарный комплекс. Применение РУП обусловлено эффективностью этого способа тушения, невозможностью применения спринклерных и дренчерных АУП для защиты зданий высотой более 20 м.

На рис. 10.1 представлена электрогидравлическая схема установки водопенного пожаротушения РУП-12ПР-ЛСД-С20Уэ-ИК на 12 пожарных роботов для защиты ангара.

С учетом специфики защищаемого объекта за основную пожарную нагрузку принимается розлив остатка авиационного топлива (керосин ТС-1,  $T_{всп} > 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ , для самолета Боинг-737-ВВJ остаток составляет 70 кг), поэтому в качестве ОТВ рекомендуется применять:

- для ликвидации возможных очагов пожара — пену низкой кратности на основе водного раствора фторированного пенообразователя;
- для орошения несущих конструкций и оборудования — распыленную лафетным стволом воду;
- в качестве устройств пожарообнаружения — извещатели пламени;
- в качестве устройств контроля перегрева ферм — термокабель.

Тушение очага пожара предусматривается одновременной подачей пенораствора двумя пожарными роботами с эжектирующими устройствами. Охлаждение строительных конструкций и самолетов, находящихся вблизи очага пожара, рекомендуется осуществлять подачей воды от двух пожарных роботов в ручном и дистанционном режимах. Время работы установки

охлаждения ферм принимается с учетом времени работы установки пожаротушения и времени на осаждение дыма.

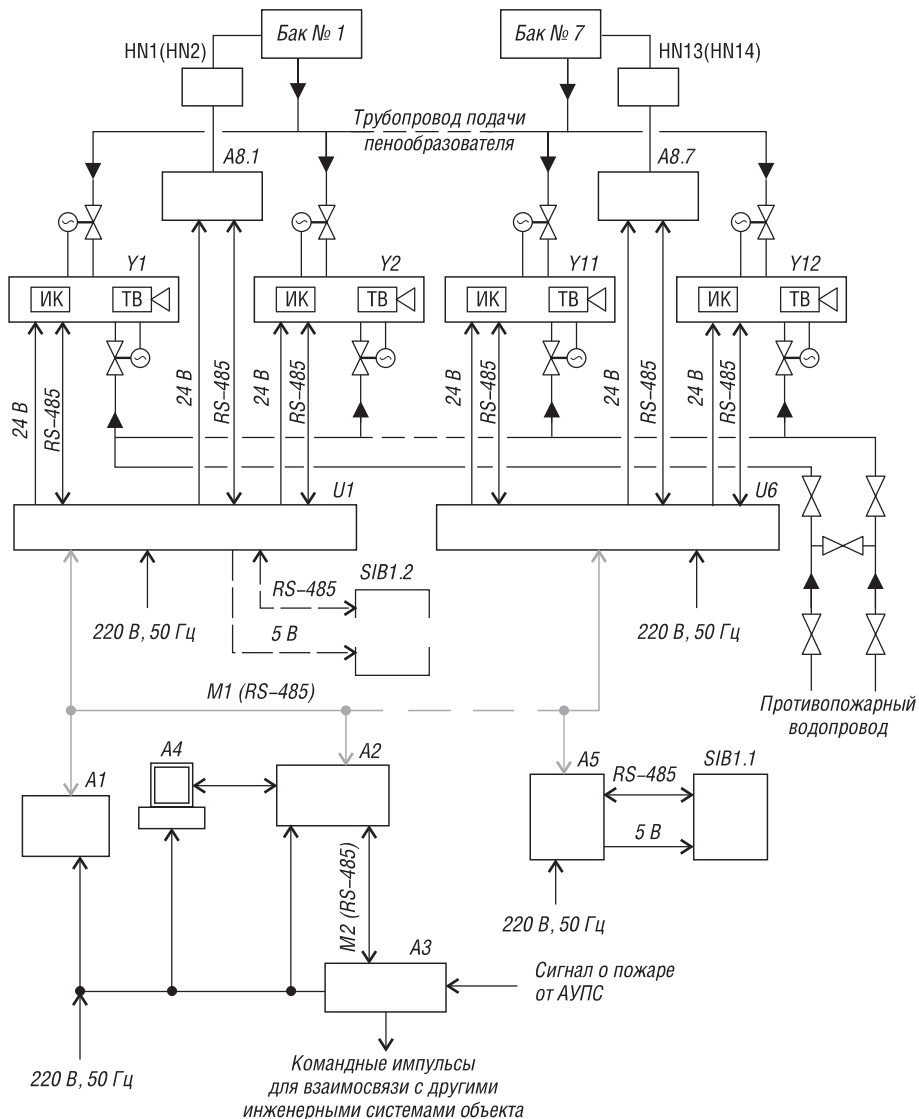


Рис. 10.1. Схема электрогидравлическая структурная: А1 — шкаф сетевого контроллера ШК-СК; А2 — шкаф устройства сопряжения с объектом ШК-УСО; А3 — блок коммутации БК-16; А4 — компьютер; А5 — пост подключения ПДУ; А8.1...А8.7 — контроллер уровня пенообразователя; HN1...HN14 — устройство контроля жидкости; SIB1.1, SIB1.2 — пульт дистанционного управления ПДУ-П; U1...U6 — блок питания и подключения; Y1...Y12 — пожарный робот с дисковым затвором и соленоидным клапаном, с ИК-сканером и ТВ-камерой

Для обеспечения возможности оперативного нахождения и тушения очага пожара по всей площади ангара, в том числе и под фюзеляжем самолета, ПР и извещатели пламени размещаются в двух уровнях. Высота размещения ПР определяется с учетом их характеристик, высоты ангара и габаритов самолета с обеспечением орошения каждой точки защищаемой поверхности двумя роботами.

В больших ангарах допускается установка выдвигающихся пожарных роботов в полу в приямках с автоматически открывающимися люками, а также на площадках под нижним поясом несущих ферм.

С целью уменьшения объемов резервуаров для хранения пенообразователя, а также возможности использования запаса пенообразователя, хранящегося на объекте, при подаче пены от штатных дозаторов пожарных автомобилей рекомендуется 3 %-ный фторированный пенообразователь. Объем пенообразователя рассчитывается исходя из времени работы установки пенного пожаротушения, двукратного резерва и заполнения сети подачи пенообразователя. Запас пенообразователя для проведения контрольных испытаний учитывается дополнительно к расчетному запасу. Хранение пенообразователя в концентрированном виде предусматривается в баках из некоррозируемого материала, максимально приближенных к месту дозирования, распределенных по стенам ангара выше второго яруса ПР и соединенных между собой в систему сообщающихся сосудов. Оборудование РУП обеспечивает автоматический контроль утечки пенообразователя (уменьшение общего объема пенообразователя на 5 %).

Дозирование пенообразователя осуществляется эжектирующими устройствами, входящими в состав ПР. Для подачи пенообразователя прокладывается кольцевой трубопровод с соленоидными клапанами на отводах к эжектирующим устройствам ПР.

Питающий водопровод РУП предусматривается кольцевым, водозаполненным (до дисковых затворов); давление в дежурном режиме поддерживается автоматическим водопитателем, установленным в насосной станции. Рекомендуемый расход ПР — 20 л/с. Давление перед их дисковыми затворами не менее 0,65 МПа. Общий расход установки из расчета работы двух ПР на тушение и двух ПР на охлаждение:  $2 \cdot 20 + 2 \cdot 20 = 80$  л/с.

Время работы установки пенного пожаротушения для помещений категории В1 по пожарной опасности принимается 15 мин. Время работы установки водяного охлаждения складывается из времени работы установки пенного пожаротушения и дополнительного времени для осаждения дыма.

Алгоритм работы РУП при пожаротушении выполняется в соответствии с требованиями к РУП (см. выше, подразд. 3.1, п. 6). В процессе тушения очага возгорания выполняется корректировка угла возвышения ПР с целью учета баллистики струи в зависимости от давления на выходе ПР.



Во время пожаротушения программа поиска очага загорания для прилегающих зон продолжает работать, автоматически контролируя возможность распространения загорания. При изменении координат загорания производится автоматическая коррекция программы пожаротушения. Программа пожаротушения через расчетный интервал времени автоматически прекращается, и продолжается программа поиска очага загорания по всей защищаемой зоне. Программа поиска очага загорания периодически повторяется при отсутствии обнаруженного очага загорания и отключается только оператором. При повторном обнаружении очага загорания вновь включается программа пожаротушения.

На рис. 10.2 представлен план-схема установки водопенного пожаротушения РУП-12ПР-ЛСД-С20Уэ-ИК на 12 пожарных роботов для защиты ангара.

Роботизированные установки пожаротушения нашли широкое применение для защиты самолетных ангаров ввиду высокого быстродействия, гибкой системы пожаротушения и охлаждения с применением как воды, так и пены, а также возможности оперативного управления в дистанционном режиме. В качестве примеров объектов, пожарная защита которых уже сего-

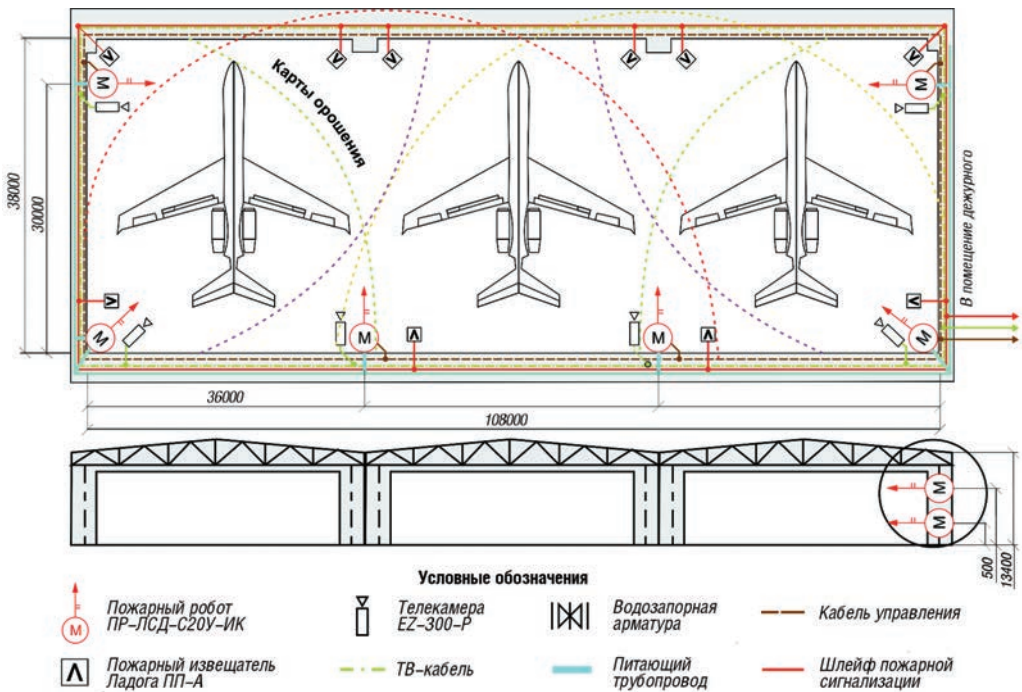


Рис. 10.2. План-схема РУП для защиты ангара

дня осуществляется пожарными роботами, можно отнести: ВИП-ангар ГТК «Россия» в аэропорту «Внуково» (рис. 10.3) площадью 11000 м<sup>2</sup>, защищаемой 17 пожарными роботами; ангарные комплексы на 5 и на 8 самолетов в аэропорту «Остафьево», г. Подольск (рис. 10.4), защищаемые 22 и 64 пожарными роботами соответственно; ангары <sup>1</sup> 1 и 2 в аэропорту «Шереметьево» (рис. 10.5), защищаемые 10 и 8 пожарными роботами соответственно. Аналогичные роботизированные установки пожаротушения установлены для защиты самолетных ангаров в аэропортах г. Минска (рис. 10.6), Новосибирска и др.

#### 4.2. Защита воздухоопорных сооружений

Воздухоопорное сооружение (ВОС) представляет собой гибкую оболочку из прочной армированной ткани без металлических конструкций, герметично закрепленную на фундаменте. Внутри оболочки подается воздух, который создает избыточное давление, являясь опорой для сооружения. ВОС обычно используются в качестве многофункциональных комплексов для спортивных и культурно-зрелищных мероприятий. Значительный объем, большая высота подкупольного пространства и постоянный подпор воздуха исключают применение автоматических установок пожаротушения тонкораспыленной водой, а также газовых и порошковых установок.

Применение автоматических газовых и порошковых установок недопустимо и в связи с возможным пребыванием в зале большого количества людей. Размещение извещателей и спринклерных оросителей на куполе не рекомендуется из-за сложности крепления кабелей с извещателями и трубопроводов с оросителями к оболочке ВОС. Кроме того, воздухоопорная оболочка не является жесткой,



Рис. 10.3. ВИП-ангар ГТК «Россия» (аэропорт «Внуково», 2008 г.)



Рис. 10.4. Ангарные комплексы (аэропорт «Остафьево», г. Подольск)



Рис. 10.5. Ангары № 1 и 2 (аэропорт «Шереметьево»)



Рис. 10.6. Ангар-укрытие для воздушных судов (национальный аэропорт «Минск»)

и под воздействием снеговых и других нагрузок изменение ее конфигурации может повлечь за собой смещение зон контроля извещателей, если их даже удастся установить на оболочке.

Наиболее подходящими установками пожаротушения для ВОС являются РУП. В этом случае можно обойтись без установки какого-либо оборудования и коммуникаций на оболочку ВОС. РУП в этом случае устанавливаются на жестких конструкциях (стилобатной стене, трибунах, вышках и т. д.) с направлением зоны действия, обеспечивающим контроль всей горизонтальной поверхности объекта.

На рис. 10.7 представлена электрогидравлическая схема установки водяного пожаротушения РУП-6ПР-ЛСД-С20У-ИК на 6 пожарных роботов для защиты ВОС. Пожарные роботы в составе РУП оборудуются узкона-

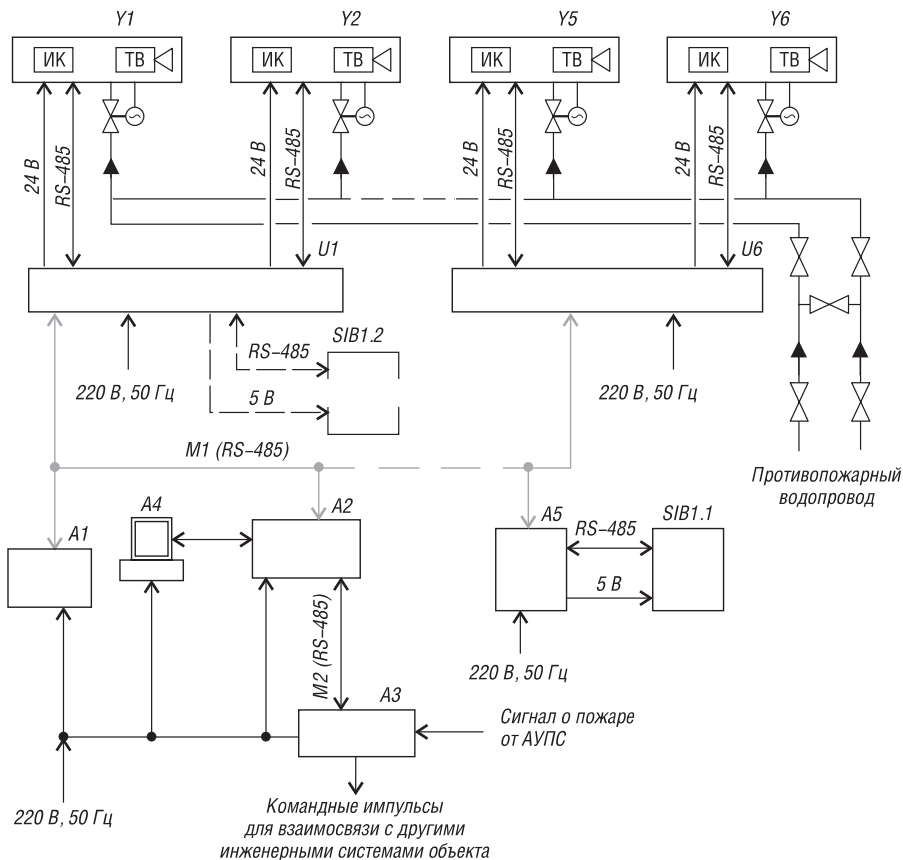


Рис. 10.7. Схема электрогидравлическая структурная: А1 — шкаф сетевого контроллера ШК-СК; А2 — шкаф устройства сопряжения с объектом ШК-УСО; А3 — блок коммутации БК-16; А4 — компьютер; А5 — пост подключения ПДУ; SIB1.1, SIB1.2 — пульт дистанционного управления ПДУ-П; U1...U6 — блок питания; Y1...Y6 — пожарный робот с дисковым затвором

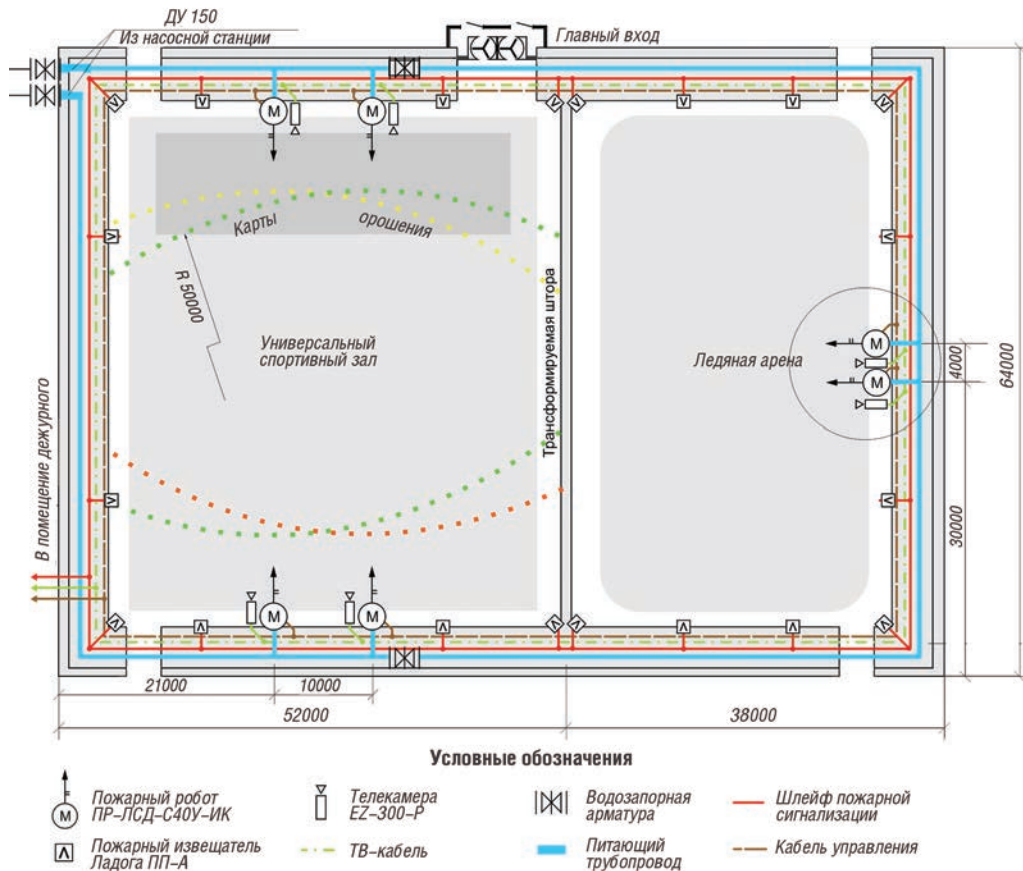


Рис. 10.8. План-схема РУП для защиты воздухоопорного комплекса

правленными извещателями пламени со сканерами для определения возгорания очага пожара в трехмерном пространстве. Оборудование пожарных роботов телекамерами рекомендовано для наблюдения за объектом и оперативного вмешательства в работу установки из помещения охраны с помощью пульта дистанционного управления.

Вариант применения РУП для воздухоопорного спорткомплекса показан на плане-схеме рис. 10.8. С учетом специфики объекта для тушения пожара предусмотрены 6 пожарных роботов ПР-ЛСД-С40У-ИК, размещенных на стенах по периметру объекта.

Общий расход воды при тушении пожара с учетом одновременной работы двух ПР составляет:  $40 \cdot 2 = 80$  л/с. Необходимое давление перед дисковыми затворами ПР — 0,65 МПа.

Автоматическая установка пожарной сигнализации с адресными извещателями пламени в комплекте с прибором «Ладога-А» передает информацию о срабатывании извещателей через блок сопряжения интерфейсов БСИ в аппаратуру управления РУП. Процесс пожаротушения аналогичен описанному в подразд. 3.1, п. 6.

Для воздухопорных сооружений разработаны и утверждены во ВНИИПО типовые проектные решения по их защите с применением роботизированных установок пожаротушения. В качестве объектов с воздухопорными конструкциями, в которых для защиты применяются РУП, на рис. 10.9 и 10.10 показаны универсальные спортивные комплексы на 7000 м<sup>2</sup> в г. Ярославле и Новогорске.

### 4.3. Защита объектов энергетики (АЭС, ТЭЦ, ГРЭС)

АЭС, ТЭЦ, ГРЭС — это гигантские фабрики по производству электроэнергии. Как правило, они являются и источниками тепловой энергии в централизованных системах теплоснабжения (в виде пара и горячей воды для обеспечения горячего водоснабжения и отопления жилых и промышленных объектов).

Какой-либо сбой в работе непрерывно работающих механизмов может нарушить технологию преобразования углеводородов громадных температур, давлений, количеств и выпустить из прочных корпусов неуправляемую энергию большой разрушительной силы, сопровождаемую огнем. На АЭС это связано с радиоактивностью и превращается в техногенную катастрофу. Невосполнимые потери бывают, когда в результате воздействия высоких температур рушится перекрытие машинного зала.

Необходимо отметить, что использование незащищенных металлических конструкций чрезвычайно эффективно для монтажа большепролетных сооружений (машинные залы, ангары, эллинги и т. п.). Это объясняется их низкой себестоимостью, простотой монтажа, возможностью выдерживать значительную полезную нагрузку при большой ширине пролета (полезная нагрузка на железобетонные конструкции значительно ниже из-за значи-



Рис. 10.9. Универсальный спортивный комплекс (г. Ярославль)



Рис. 10.10. Универсальный спортивный комплекс Академии МЧС (г. Новогорск)

тельно большей их собственной массы, вследствие чего использовать железобетонные конструкции при большой ширине пролета невозможно) и т. п.

Вместе с тем незащищенные металлические конструкции, в частности фермы, обладают существенным недостатком: при пожаре они интенсивно нагреваются, вследствие чего уже в начальной стадии пожара под действием весовых нагрузок происходит их обрушение на значительных площадях.

В соответствии с действующей нормативной документацией (п. 6.55 СНиП II-58-75 «Электростанции тепловые») в машинных залах ТЭЦ и АЭС следует предусматривать охлаждение металлических ферм от стационарно установленных лафетных стволов, размещенных на отметке обслуживания турбин. При этом система орошения ферм струями воды из лафетных ство-

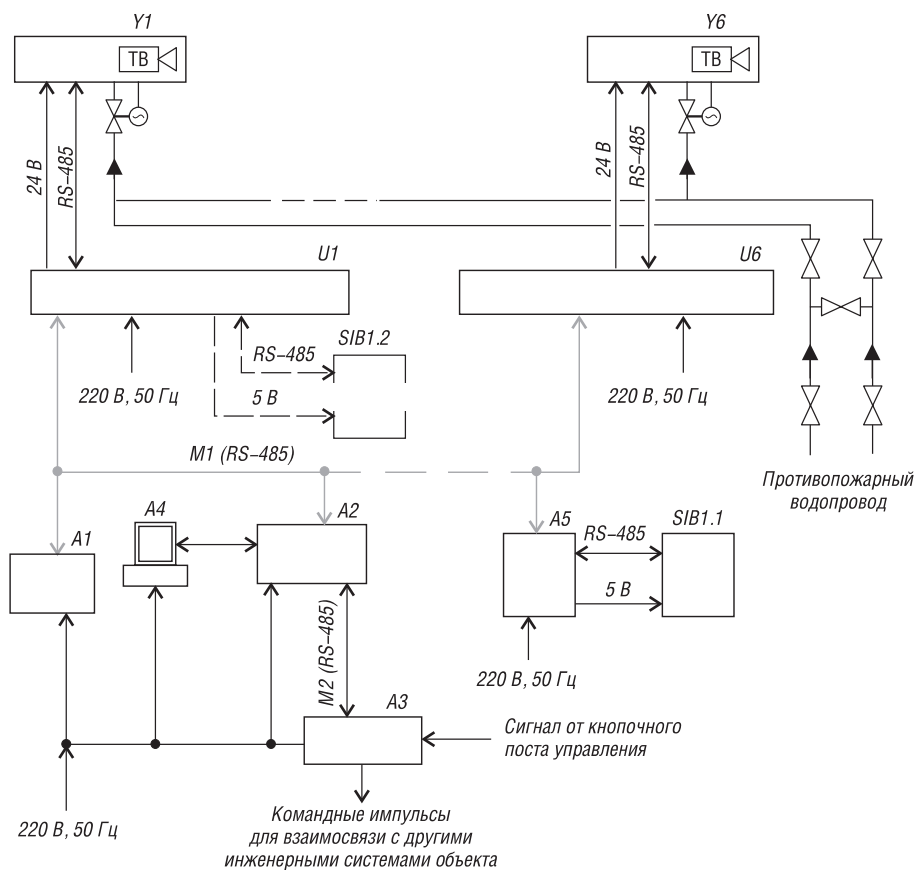


Рис. 10.11. Электрогидравлическая схема охлаждения несущих ферм покрытия машинного зала Петрозаводской ТЭЦ: А1 — шкаф сетевого контроллера ШК-СК; А2 — шкаф устройства сопряжения с объектом ШК-УСО; А3 — блок коммутации БК-16; А4 — компьютер; А5 — пост подключения ПДУ; SIB1.1, SIB1.2 — пульт дистанционного управления ПДУ-П; U1...U6 — блок питания; Y1...Y6 — пожарный робот с дисковым затвором

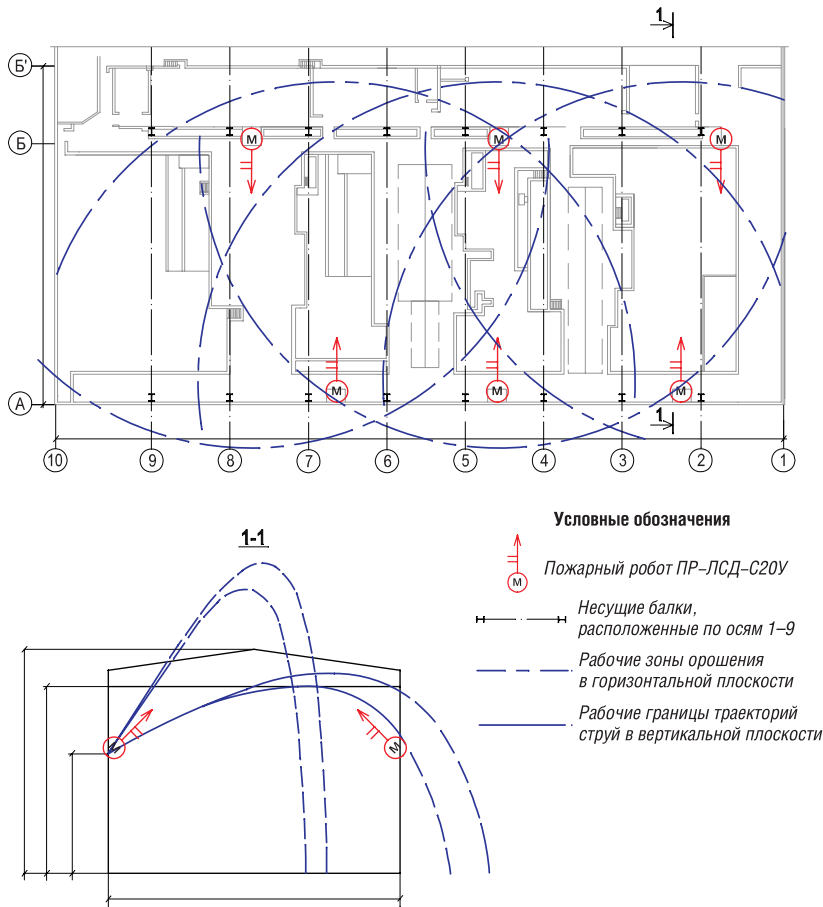


Рис. 10.12. План-схема РУП Петрозаводской ТЭЦ с картами орошения

лов должна обеспечивать возможность орошения каждой точки фермы двумя компактными струями (рис. 10.11 и 10.12). Лафетные стволы позволяют при меньшем общем расходе огнетушащих веществ сосредоточить их подачу в заданную зону с большей интенсивностью. В связи с этим представляется целесообразным использовать пожарные роботы с единой системой управления, образующие автоматическую установку пожаротушения на базе РУП. Эта установка обеспечивает устойчивость незащищенных металлических конструкций ферм к температурному воздействию при пожаре за счет их охлаждения струями воды, подаваемыми ПР. Отличительной особенностью применения пожарных роботов является возможность выполнять свои функции в условиях отсутствия полной видимости при сильном задымлении, характерном для пожаров в турбинных залах. Точно выверен-

ная программа охлаждения перекрытий составляется и проверяется заранее. При возникновении пожара достаточно указать зону загорания на мнемосхеме или пульте управления — все остальные пожарные роботы делают в автоматическом режиме. Пожарные роботы нового поколения имеют программу самотестирования, что позволяет поддерживать боевую готовность и своевременно проводить профилактические мероприятия.

Комплекс может быть использован для ликвидации пожара на ранних стадиях развития или охлаждения в условиях пожара технологического оборудования.

По требованию заказчика РУП может оборудоваться системой теленаблюдения для оперативного наблюдения за развитием ситуации в зоне очага пожара.

Одним из первых объектов, на которых в машинных залах применены пожарные роботы, была Ленинградская АЭС. Партия пожарных роботов была отправлена на Ленинградскую АЭС и установлена в машинном зале АЭС по проекту ГПИ «Спецавтоматика» еще в начале 90-х годов.

На Петрозаводской ТЭЦ пожарные роботы эксплуатируются с 1997 г., вот уже более 10 лет, т. е. отработав весь свой срок службы. Сейчас им на смену пришло новое поколение пожарных роботов. Все эти годы они несли круглосуточную вахту по противопожарной защите машинного зала ТЭЦ (рис. 10.13 и 10.14). Покрытие машинного зала Петрозаводской ТЭЦ опирается на 10 ферм длиной 39 м и высотой 3,6 м, установленных с шагом 12 м. Фермы представляют собой сварные конструкции из сдвоенного углового проката толщиной 20 мм. В машинном зале установлены три турбогенератора по 110 МВт типа Т-100-130. В непосредственной близости от турбогенераторов расположены три маслобака по 32 м<sup>3</sup>. Машинный зал относится к по-

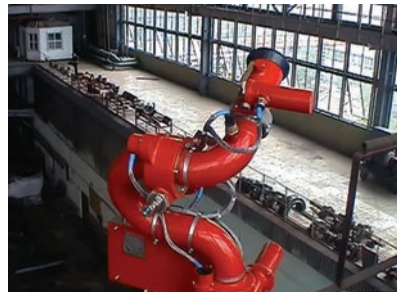


Рис. 10.13. Пожарный робот на дежурстве в машинном зале Петрозаводской ТЭЦ



Рис. 10.14. Пожарный робот орошает перекрытие машинного зала Петрозаводской ТЭЦ



Рис. 10.15. Кураховская ТЭС. Пусконаладочные работы



жароопасным помещениям категории В2 (по СП 12.13130.2009 [34]) и классу пожароопасности П-Па (по ПУЭ [51]). Для оборудования системой РУП машинного зала Петрозаводской ТЭЦ размерами 39×108 м установлено шесть ПР с расходом 20 л/с и давлением в сети противопожарного водопровода 0,6 МПа. Расход воды при одновременной работе двух ПР составляет 40 л/с.

Защита машинных залов ТЭЦ, АЭС с применением РУП нашла достаточно широкое применение в России и СНГ. На рис. 10.13–10.16 в качестве примеров приведены объекты, на которых уже применяется защита с использованием РУП.



Рис. 10.16. Луганская ТЭЦ

#### 4.4. Защита объектов нефтяной и газовой промышленности

Защиту объектов нефтяной промышленности рассмотрим на примере склада ТНК ВР «Карелиянефтепродукт» в г. Петрозаводске (рис. 10.17). Склад является распределительным и предназначен для продолжительного хранения нефтепродуктов в резервуарах по 1000 м<sup>3</sup> (бензин А95, А92, А80, дизельное топливо ДТз и ДТл). Категория склада по СНиП 2.11.03–93 [66] — IIIб. Склад является прирельсовым.

Поступление продуктов предусматривается в железнодорожных цистернах. Для тушения пожара в резервуарах в соответствии с рекомендациями ВНИИПО использован метод подслоного тушения пожара с подачей пенораствора в нижний слой нефтепродукта выше уровня подтоварной воды. Одновременно с подачей пенораствора производится его орошение водой при помощи лафетных стволов с дистанционным и программным управлением (ЛСД), подключенных к кольцевому трубопроводу водоснабжения. При появлении открытого пламени тушение резервуаров производится пеной, стволами, подключенными к кольцевому пенному трубопроводу. Для сливноналивной железнодорожной эстакады тушение загоревшейся цистерны производится пеной, а охлаждение рядом стоящих цистерн — водой. При поступлении сигнала о пожаре в защищаемой зоне по программе на зону защиты наводятся два ствола, которые обрабатывают



Рис. 10.17. ТНК ВР «Карелиянефтепродукт» (г. Петрозаводск)

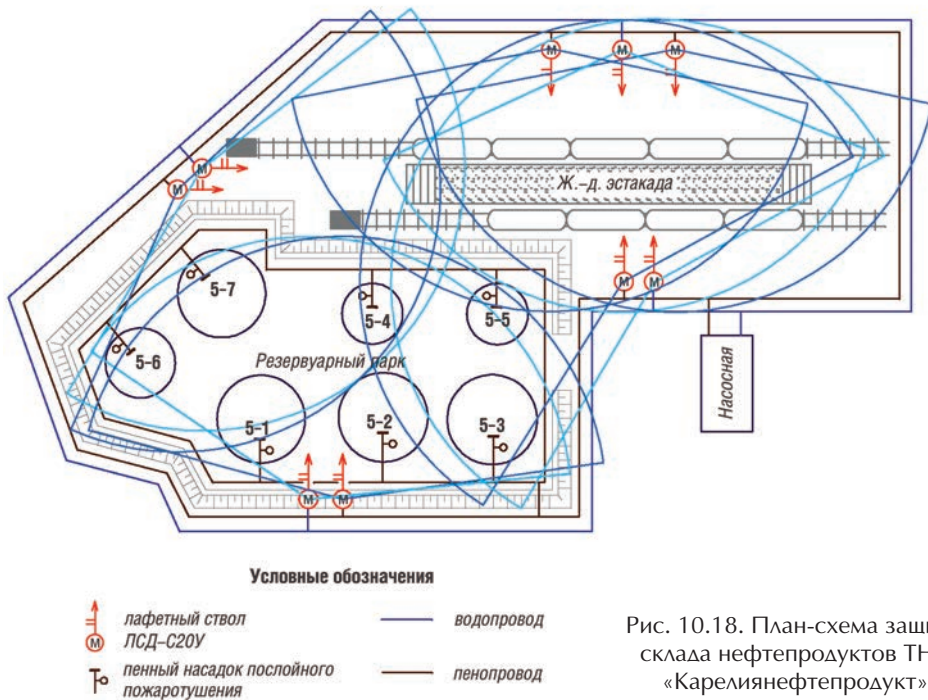


Рис. 10.18. План-схема защиты склада нефтепродуктов ТНК «Карелиянефтепродукт»

заранее заданную программу тушения — «пенную атаку». Два других ствола охлаждают соседние резервуары по заранее составленной программе охлаждения для предупреждения загорания. ЛСД имеет также сервисные программы по техническому обслуживанию при эксплуатации и диагностике неисправностей.

Такая система комплексной защиты склада нефтепродуктов ТНК «Карелиянефтепродукт», включающих в себя семь резервуаров и сливноналивную железнодорожную эстакаду, эксплуатируется с 2003 г. (рис. 10.18).

На объекте использовано девять водопенных стволов с дистанционным и программным управлением, которые состыкованы с установкой водопенного пожаротушения, включая автоматизированную насосную и дозаторную.

Помимо резервуарных парков, РУП применяется для защиты и других объектов нефтяной и газовой промышленности. На рис. 10.19 представлен причальный комплекс «Витино» для перегрузки нефтепродуктов на Белом море, защита которого осуществляется с использованием РУП. На рис. 10.20 показан пожарный робот радиоуправляемый во взрывозащищенном исполнении, применяемый для защиты газоконденсатной сливноналивной железнодорожной эстакады в Астрахани.



Рис. 10.19. Причалный комплекс для перегрузки нефтепродуктов на Белом море



Рис. 10.20. Сливоналивная ж.-д. эстакада в Астрахани

#### 4.5. Защита взрывоопасных производств и сооружений

Для взрывоопасных производств и сооружений применяются пожарные роботы во взрывозащищенном исполнении (рис. 10.21). К таким сооружениям относятся, в частности, объекты Роскосмоса. На рис. 10.22 показан стартовый стол для запуска ракеты. Пожарные роботы используются для охлаждения установки после запуска ракеты.

Рассмотрим проект защиты операционного зала объекта МИК (Роскосмос) площадью 1062 м<sup>2</sup>, высотой 16 м. Операционный зал относится к взрывопожароопасным помещениям категории А по НПБ 105–03 [67] и классу В-1а по ПУЭ [51].



Рис. 10.21. Пожарный робот взрывозащищенный



Рис. 10.22. Объекты Роскосмоса

Для тушения пожара предусматривается автоматическое и ручное орошение взрывоопасных зон по площади сплошными струями воды с использованием РУП. Расход воды установки пожаротушения и время работы приняты по техническим требованиям заказчика:

- расчетный расход воды 200 л/с исходя из одновременной работы трех пожарных роботов из состава РУП с расходом воды по 67 л/с каждый;
- расчетное время работы установки пожаротушения — 4 мин.

В качестве водопитателя автоматической установки водяного пожаротушения (рис. 10.23) принята насосная станция пожаротушения, обеспечива-

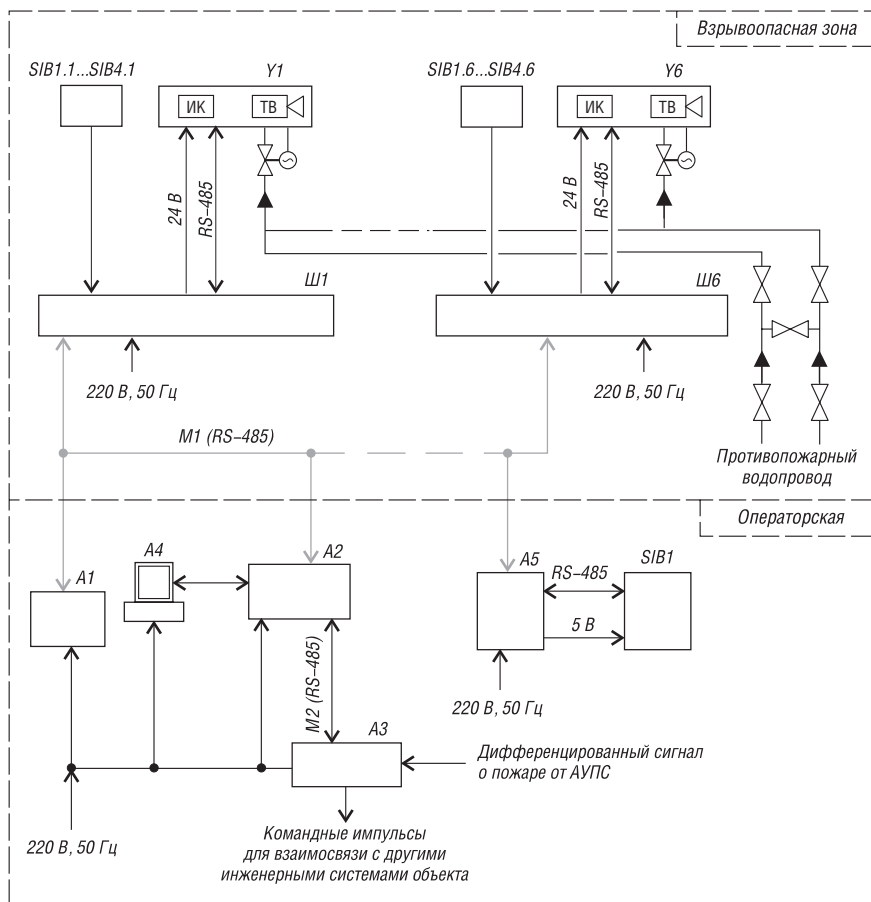


Рис. 10.23. Автоматизированная установка водяного пожаротушения с применением РУП во взрывозащищенном исполнении: А1 — шкаф сетевого контроллера ШК-СК; А2 — шкаф устройства сопряжения с объектом ШК-УСО; А3 — блок коммутации БК-16; А4 — компьютер; А5 — пост подключения ПДУ; Ш1...Ш6 — шкаф управления электроприводами устройств ШУ-Ex ЭП; SIB1 — пульт дистанционного управления ПДУ-П; SIB1.1...SIB4.6 — пост управления кнопочный; Y1...Y6 — пожарный робот с дисковым затвором во взрывозащищенном исполнении

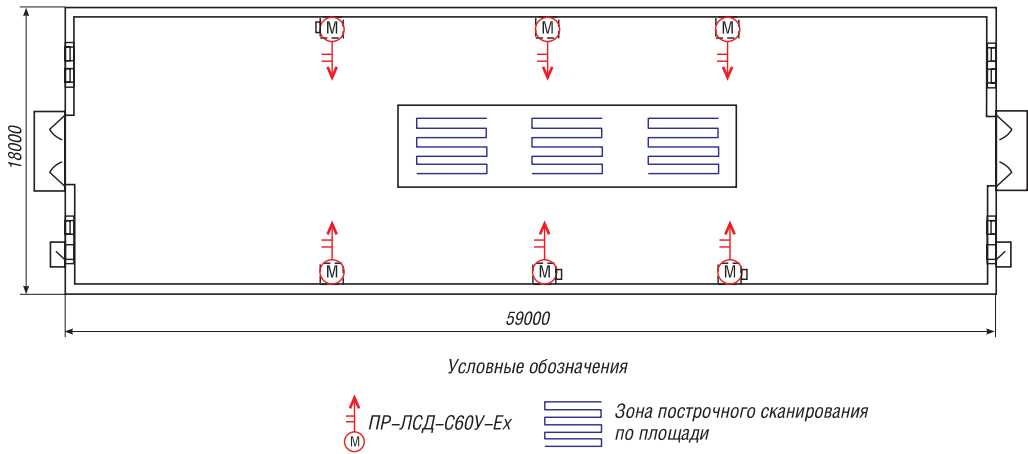


Рис. 10.24. Схема размещения ПР на объекте МИК (Роскосмос)

ющая давление перед запорными устройствами пожарных роботов не менее 0,85 МПа и общий расход воды на автоматическое тушение пожара 200 л/с. Подключение пожарных роботов осуществляется по кольцевому трубопроводу, проложенному в операционном зале (см. схему размещения на рис. 10.24).

Аппаратура управления РУП и программное обеспечение входят в его комплект и обеспечивают следующие функции:

- прием дифференцированных сигналов от автоматической установки пожарной сигнализации операционного зала при срабатывании не менее двух извещателей пожара;
- формирование команды пожарным роботам на определение угловых координат очага пожара с помощью системы теленаблюдения СКМ-21130;
- подача огнетушащего вещества (воды) на очаг пожара по заданной программе;
- дистанционное управление пожарными роботами с помощью пульта дистанционного управления ПДУ из операторской;
- дистанционное управление пожарными роботами с помощью кнопочных постов ПВК-22-ОМ1, размещенных на отм. 0,000 в операционном зале;
- ручное управление пожарными роботами;
- сигнализация о работе и состоянии установки в операторской на монитор ПК;
- звуковая сигнализация о срабатывании и неисправности установки в диспетчерской пожарной охраны;
- выдача сигналов на отключение (при необходимости) технологического и электротехнического оборудования, вентиляции, включение пожарных насосов и системы оповещения людей о пожаре.

В качестве извещателей пожара автоматической установки пожарной сигнализации операционного зала, инициирующей запуск РУП, приняты извещатели пламени ИП332-1/1 во взрывозащищенном исполнении с подключением в искробезопасные шлейфы приборов «Яхонт-4И-04», у выходов из зала — ручные пожарные извещатели ИП535 «Гарант» с подключением в искробезопасные шлейфы приборов «Яхонт-4И-04».

Система теленаблюдения в составе РУП при поступлении сигнала от установки пожарной сигнализации выполняет определение координат очага пожара по запросу и оперативное наблюдение за ситуацией при тушении. В качестве системы теленаблюдения принят комплект оборудования СКМ-21130 (система корабельного мониторинга МИК).

Электроснабжение автоматической установки пожаротушения выполнено от сети переменного тока 380/220 В, 50 Гц 1-й категории надежности, система заземления TN-S. Мощность, потребляемая установкой от сети 380/220 В, не превышает 10 кВт.

Пожарные роботы ПР-ЛСД-С100У-ИК-ТВ-Ех с телекамерами и электромагнитными клапанами устанавливаются в операционном зале на отм. 6,000, шкафы управления пожарными роботами ШУ-Ех и кнопочные посты управления ПВК-22-ОМ1 — в операционном зале на отм. 0,000.

#### 4.6. Защита концертных залов и зрелищных мест с массовым пребыванием людей

Для защиты объектов и зрелищных мест с массовым пребыванием людей, характеризующихся большими площадями и высотой, рекомендуется применение автоматических установок пожаротушения РУП. Если при этом имеются повышенные требования к дизайну, то РУП комплектуются пожарными роботами типа «IN BOX» для установки в нише.

Рассмотрим вариант применения таких роботов в концертном зале «Крокус» площадью 3500 м<sup>2</sup> на 6000 мест (рис. 10.25–10.28). Концертный зал имеет в своем составе сценическую коробку и зрительный зал. Кресла для зрителей размещаются в партере, амфитеатре и на балконе зала.

Установка пожарных роботов типа «IN BOX» в нише на уровне партера (см. рис. 10.26) позволяет, не нарушая дизайна, обеспечить орошение каждой точки зрительного зала двумя струями. При поступлении сигнала «По-



Рис. 10.25. Киноконцертный зал «Крокус» (г. Москва)

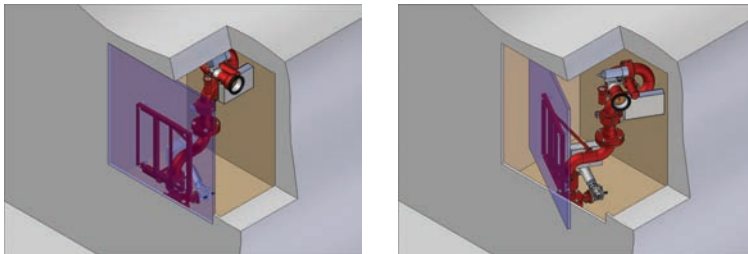
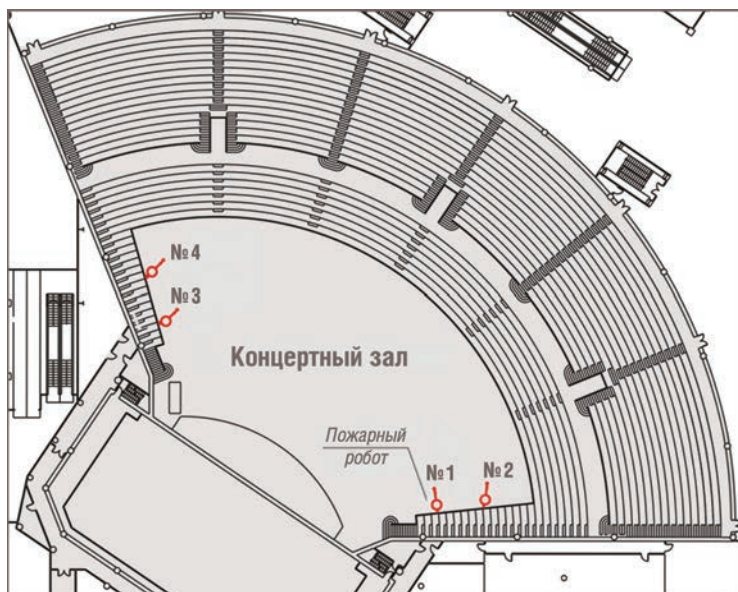


Рис. 10.26. Эскиз пожарного робота «в нише»



Разрез 1-1 (условно)

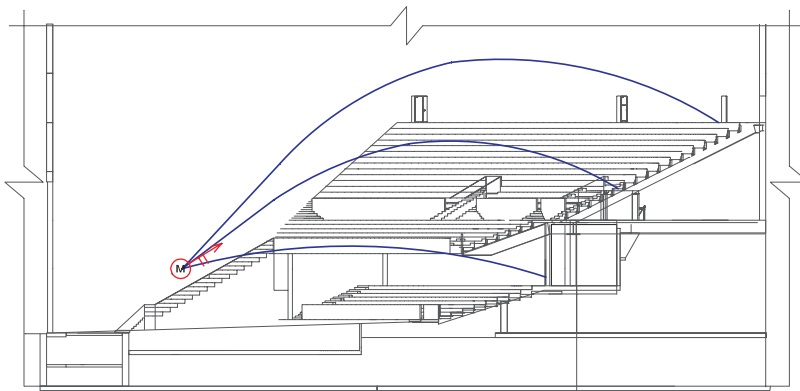


Рис. 10.27. План-схема РУП для защиты концертного зала «Крокус»

жар» двери ниши автоматически открываются, пожарный робот выдвигается и начинает сканирование по заданной программе.

С целью оперативного наблюдения за ситуацией в районе очага пожара на пожарных роботах соосно направлению ствола предусмотрена установка телекамер.

За расчетный расход воды в установке пожаротушения принят расход 80 л/с, определенный с учетом одновременной работы двух пожарных роботов из состава РУП с расходом воды 40 л/с.

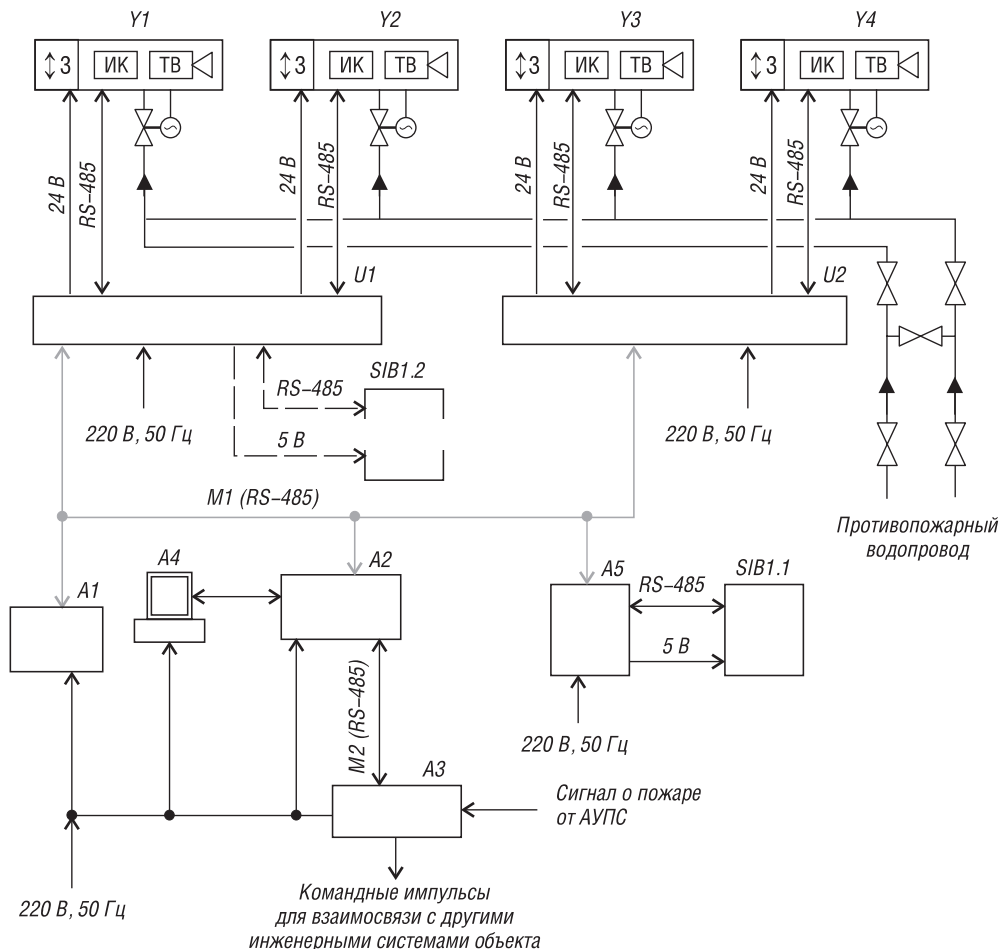


Рис. 10.28. Электрогидравлическая схема РУП для защиты концертного зала: А1 — шкаф сетевого контроллера ШК-СК; А2 — шкаф устройства сопряжения с объектом ШК-УСО; А3 — блок коммутации БК-16; А4 — компьютер; А5 — пост подключения ПДУ; SIB1.1, SIB1.2 — пульт дистанционного управления ПДУ-П; U1...U6 — блок питания; Y1...Y6 — пожарный робот в исполнении IN BOX (в нише) с тремя степенями подвижности и с дисковым затвором



### 4.7. Химическая промышленность

Рассмотрим проект защиты склада серы морского торгового порта Усть-Луга (рис. 10.29). Здание склада серы относится по СП 5.13130.2009 (прил. Б) [20] к группе 4.1 категории В2 с пожарной нагрузкой 1401–2200 МДж/м<sup>2</sup> и подлежит оборудованию автоматической установкой пожаротушения.

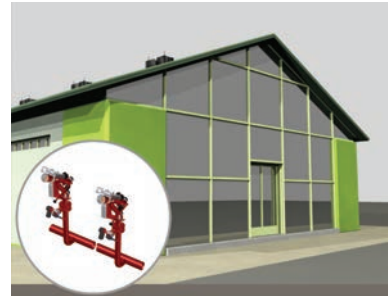


Рис. 10.29. Морской торговый порт Усть-Луга. Комплекс по перегрузке технической серы

Проектом предусмотрена возможность обнаружения очагов возгорания с помощью пожарных извещателей пламени. Извещатели пламени подобраны с учетом спектра излучения при горении серы. Ручные пожарные извещатели устанавливаются по периметру штабеля на расстоянии не более 100 м один от другого и не менее 3,0 м от штабеля. Освещенность в месте установки ручного пожарного извещателя не менее 50 лк.

На складе также предусмотрена возможность обнаружения очагов самовозгорания с помощью тепловизоров «Патриот» VSR-6.

Здание склада серы оборудуется системой пожаротушения штабелей серы с использованием РУП. Структурная и электрогидравлическая схемы защиты склада серы приведены на рис. 10.30 и 10.31. В качестве огнетушащего

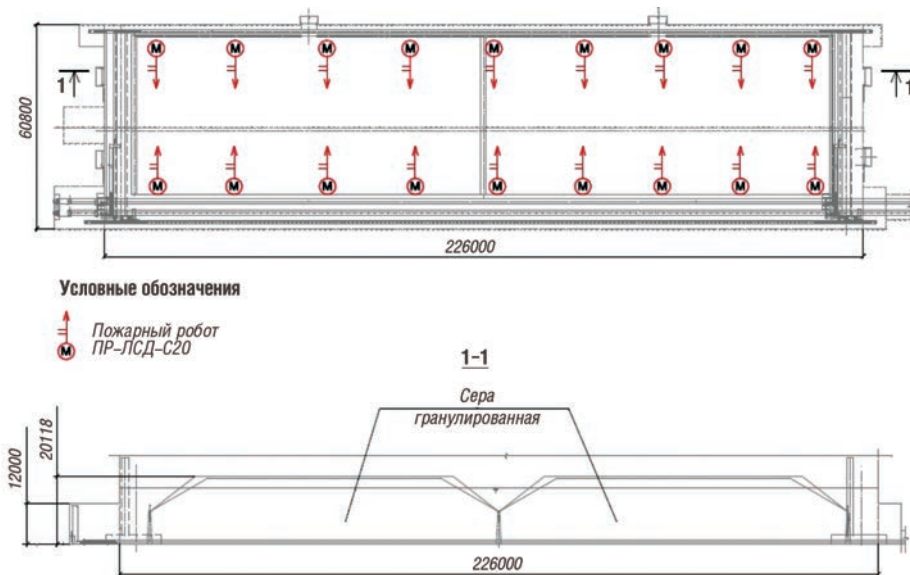


Рис. 10.30. План-схема для защиты склада серы

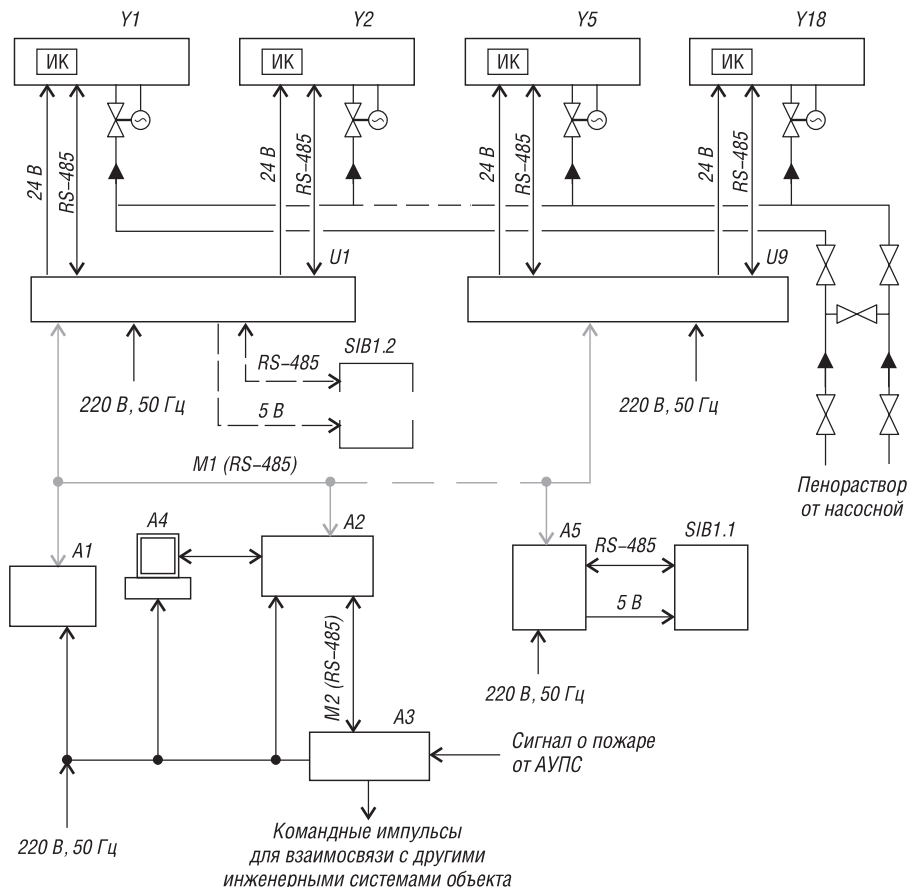


Рис. 10.31. Схема электрогидравлическая РУП для защиты склада серы: А1 — шкаф сетевого контроллера ШК-СК; А2 — шкаф устройства сопряжения с комплексным объектом ШК-УСО; А3 — блок коммутации БК-16; А4 — компьютер; А5 — пост подключения ПДУ; SIB1.1, SIB1.2 — пульт дистанционного управления ПДУ-П; U1...U9 — блок питания; Y1...Y18 — пожарный робот с дисковым затвором, с ИК-сканером

вещества используется пена. В качестве расчетной площади (проектной аварии) принимается пожар штабеля площадью 1000 м<sup>2</sup>.

Комплекс позволяет после получения сигнала о пожаре произвести поиск очага пожара, включить два ПР, наиболее близких к очагу пожара, и направить подачу ОТВ на очаг пожара. Пожарные роботы устанавливаются на расстоянии не ближе 10 м от штабеля на вышках вдоль всей его длины. Количество ПР рассчитано исходя из условия одновременной подачи огнетушащего вещества в каждую точку штабеля не менее чем двумя стволами. Расход воды на один ПР предусматривается не менее 20 л/с.

Расчетное время подачи пены на тушение пожара на складе с использованием системы пожаротушения составляет 10 мин. Давление в сети трубопровода перед ПР должно составлять 0,6–0,8 МПа. В качестве огнетушащего вещества в системе пожаротушения склада применяется пенообразователь общего назначения типа ПО-6.

В качестве готового раствора пенообразователя принят 3 %-ный водный раствор пенообразователя. Кроме того, учтен объем пенообразователя, необходимый для заполнения трубопровода и 100 %-ный резерв пенообразователя, хранящийся в баке-дозаторе.

#### 4.8. Защита спортивных сооружений

Дворец Спорта «Янтарный» — самое большое спортивное сооружение г. Калининграда, насчитывающее более 10 спортивных объектов. В него входят две ультрасовременные спортивные арены, пять спортивно-танцевальных залов разной вместимости под волейбол, футбол, волейбол, гандбол и баскетбол.

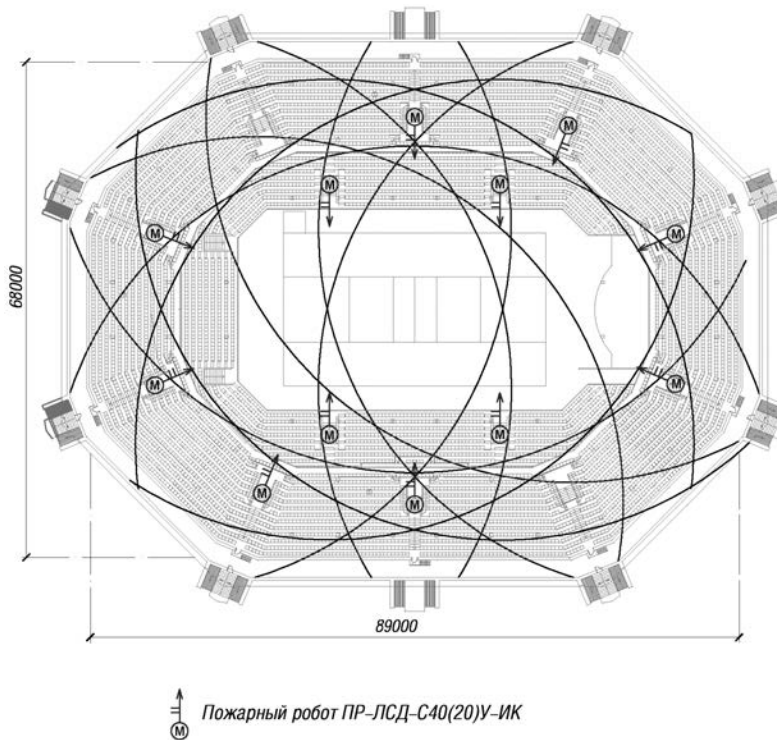


Рис. 10.32. План-схема защиты спортивной арены дворца спорта «Янтарный»



Рис. 10.33. Дворец спорта «Янтарный» (Калининград)

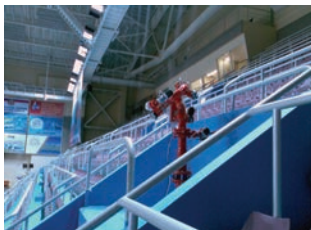


Рис. 10.34. ПР в спорткомплексе «Оренбуржье»



Рис. 10.35. Дворец легкой атлетики (Гомель)

Несущие конструкции покрытия защищены от воздействия опасных факторов пожара огнезащитной краской и не требуют водяного охлаждения. Проектом защиты предусматривается 12 пожарных роботов (рис. 10.32). Общий расход автоматической установки водяного пожаротушения при условии одновременной работы двух ПР составляет 40 л/с. Принцип действия автоматической установки водяного пожаротушения аналогичен описанному в подразд. 4.2 данной главы.

Спортивные сооружения характеризуются большими площадями, высокими подкупольными пространствами. Традиционные спринклерные и дренчерные системы пожаротушения для них практически неприемлемы. Применение же РУП здесь наиболее рационально, и каждый пожарный робот может использоваться максимально по своим функциональным возможностям с учетом в первую очередь радиуса действия струи. В России и СНГ внедрено уже много спортивных объектов, которые защищаются РУП. Это и Дворец Спорта «Янтарный» в г. Калининграде (рис. 10.33), и спорткомплекс «Оренбуржье» (рис. 10.34), и Дворец легкой атлетики в г. Гомеле в Беларуси (рис. 10.35).

#### 4.9. Защита памятников деревянного зодчества

Всемирно известный памятник деревянного зодчества — архитектурный ансамбль «Кижы» включает в себя Преображенскую церковь (1714 г., высотой 37 м), Покровскую церковь и колокольню. Наибольшую пожарную опасность для памятника представляют факторы внешнего воздействия.

Проект наружного пожаротушения главного ансамбля Кижского погоста разработан с учетом рекомендаций ВНИИПО (НИР 31-85), экспертов «ИКОМОС» ЮНЕСКО и опыта применения аналогичных установок в Норвегии и Японии для защиты памятников деревянного зодчества.

В соответствии с техническими требованиями оборудование системы защиты, устанавливаемое на территории погоста, не должно нарушать архитектурно-художественного восприятия памятника и соответствовать климатическим условиям эксплуатации:

- нормативный скоростной напор ветра — 55 кгс/м<sup>2</sup> (0,55 кПа);
- нормативная нагрузка от снегового покрова — 150 кгс/м<sup>2</sup> (1,5 кПа);
- температура воздуха абсолютная минимальная — 38 °С;
- относительная влажность при 25 °С — 98 %.

Для наружного пожаротушения проектом предусмотрена установка на кольцевом пожарном трубопроводе по периметру Кижского погоста пожарных роботов типа ПР-ИК-ТВ в количестве 14 шт., оснащенных ИК-телекамерами, с возможностью одновременной работы двух ПР. Пожарный трубопровод подключается к береговой насосной станции, обеспечивающей расход воды 110 л/с. В летнее пожароопасное время трубопровод находится под постоянным давлением воды. На рис. 10.36 показаны возможности пожарного робота по наружному орошению Преображенской церкви.



Рис. 10.36. Орошение верхнего купола Преображенской церкви

Рассмотрим технические возможности ПР. При соблюдении условия, что время цикла не должно превышать 1 мин, ПР сканированием со скоростью 3,5 град/с, с шагом 4° на расстоянии 25 м за 1 мин оросит площадь 12×12 м. Система обнаружения загорания имеет чувствительность 20 м при идентификации пламени площадью 0,1 м<sup>2</sup> (0,33×0,33 м). Учитывая высокую линейную скорость распространения огня по древесине (до  $v = 4$  м/мин), элементы системы следует выбирать с максимальным быстродействием. Время обнаружения загорания не должно превышать 30 с, наведение ПР и включение задвижек производится одновременно и составляет 15 с.

За время  $t = 45$  с с момента обнаружения загорания очаг может развиться до  $S = 3,14(tv)^2 = 3,14 \cdot (45 \cdot 0,067)^2 = 27$  м<sup>2</sup>. Еще через 1 мин он может достигнуть размеров  $27 + 50 = 77$  м<sup>2</sup>, в то время как площадь орошения пожарным монитором (в данном случае  $12 \cdot 12 = 144$  м<sup>2</sup>) полностью перекрывает очаг загорания и охлаждает близлежащие к очагу зоны.

Для снижения гидродинамического воздействия струй на памятник проектом приняты пожарные насадки с изменяющимся углом факела распыления. По экспериментальным данным баллистических характеристик непосредственно на объекте применения при расходе 60 л/с они обеспечивают орошение наружных поверхностей компактными струями на высоту до 37 м. На небольших расстояниях используются распыленные струи. Гидродинамическое воздействие струй на лемеховое покрытие главков, расположенных в основном на высоте выше 17 м, как показало многократное практическое применение стволов, не вызывает каких-либо разрушений.

Одним из основных требований является обнаружение загорания на ранних стадиях. Наиболее высокое быстродействие имеют приборы, принцип работы которых основан на детектировании пламени. Это высоконадежные приборы, использующие ИК-спектры излучения, предназначенные для работы при температуре от минус 40 до +40 °С. Телевизионная ИК-система обнаружения загорания (выполнена по заказу музея, разработчики ТОО «Анна», Инженерный центр «ЭФЭР») имеет ряд преимуществ по сравнению с известными устройствами обнаружения пламени. Наряду с высокой чувствительностью (0,1 м<sup>2</sup> на расстоянии 20 м при угле обзора 60°), эта система отличается повышенной помехозащищенностью, которая достигается введением цифровой обработки видеосигнала, используемой в системах технического зрения. Это позволяет, наряду со спектральной чувствительностью прибора и детектированием «мерцания» пламени, выделять фон от объекта, идентифицировать пламя по скорости, форме, направлению, регистрировать несколько очагов, давать визуальную информацию о состоянии объекта на пункт круглосуточного дежурства. Телевизионная ИК-система незаменима для управления пожарными роботами, так как сразу выдает координаты очага загорания для формирования управляющих сигналов на перемещение пожарных роботов в зону загорания.

#### 4.10. Защита спиртохранилищ

В 2007 г. выполнен проект противопожарной защиты спиртохранилища ООО «Хабспиртпром» в г. Хабаровске (рис. 10.37). На открытой площадке в существующих и проектируемых стальных вертикальных резервуарах предусматривается хранение спирта, эфиромальдегидных фракций и сивушных масел. Общий объем резервуарного парка — 1660 м<sup>3</sup>, вместимость наибольшего резервуара — 400 м<sup>3</sup>. В соответствии со СНиП 2.11.03–93, п. 1.1, табл. 1 [66] склад с резервуарами вместимостью до 700 м<sup>3</sup> относится к категории IIIв. Резервуары размещаются на площади 1300 м<sup>2</sup> с обваловкой. Категория взрывоопасной зоны по ПУЭ [51] — В-1г.

Территория спиртохранилища обнесена железобетонным забором. На территории есть пожарный гидрант, запитанный трубой Ø159 из сети городского водопровода. Заведен «сухотруб» Ø133 от системы технической воды из р. Амур с оборудованной насосной станцией. Все емкости спиртохранилища оборудуются системой орошения водой по технологическим требованиям и для уменьшения потерь спирта в жаркое время года. Система орошения может быть запитана от «сухотруба» или из горводопровода. Давление в системе горводопровода 6–8 кгс/см<sup>2</sup> (0,6–0,8 МПа), в системе технической воды — 4–5 кгс/см<sup>2</sup> (0,4–0,5 МПа).

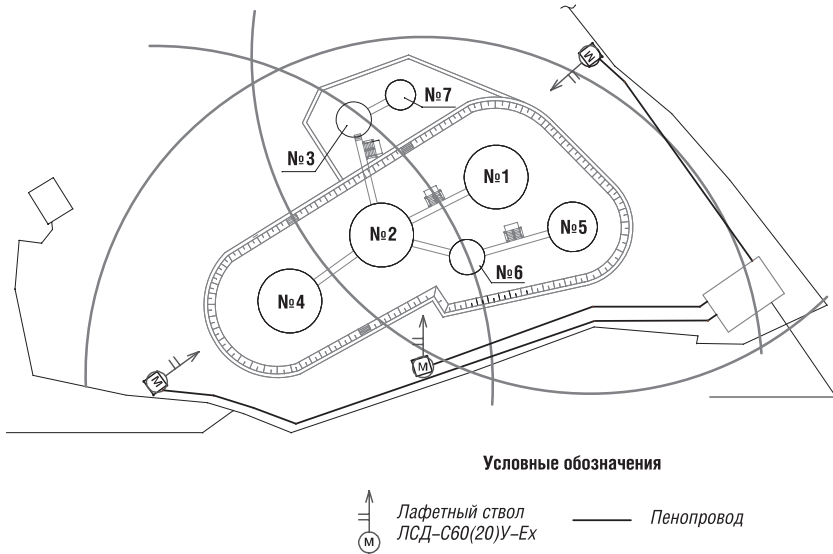


Рис 10.37. План-схема защиты спиртохранилища

Защите автоматической установкой пенного пожаротушения с пуском от извещателей пожара (термокабелей) подлежат резервуары, размещаемые в обваловке общей площадью 1300 м<sup>2</sup>.

Интенсивность орошения резервуаров раствором фторсодержащих пенообразователей в соответствии с рекомендациями по тушению полярных жидкостей в резервуарах при способе жесткой подачи составляет 0,20 л/(м<sup>2</sup>·с).

Для тушения пожара на открытом спиртохранилище предусматривается орошение расчетной площади 300 м<sup>2</sup> в пределах обваловки с горящим резервуаром в центре 3 %-ным раствором спиртоустойчивого синтетического фторсодержащего пленкообразующего высокоэффективного пенообразователя ПО-РЗП. Орошение производится одновременно двумя лафетными стволами с дистанционным управлением ЛСД-С60(20)У-Ех (далее — ЛСД) с общим расходом 60 л/с. Расчетное время работы автоматической установки пожаротушения — 10 мин.

В качестве водопитателя автоматической установки пожаротушения принята проектируемая насосная станция с тремя насосами подачи воды АЦМС 4092-4 (два рабочих и один резервный) с электродвигателями мощностью 30 кВт. Подача воды в насосную станцию предусматривается двумя вводами Ду 150 от сети городского водопровода с давлением не менее 6,0 кгс/см<sup>2</sup> (0,6 МПа).

Для обеспечения разрыва струи и работы пожарных насосов под заливом проектом предусматривается бак вместимостью 3,45 м<sup>3</sup> с краном шаровым КШТВГ, с электроприводом в качестве входной задвижки.

Хранение пенообразователя ПО-РЗП предусматривается в насосной станции в баке из нержавеющей стали вместимостью 3,45 м<sup>3</sup>.

Подача пенообразователя в кольцевой напорный трубопровод в насосной станции предусматривается двумя насосами-дозаторами CRN 5-20 (GRUNFOS) (рабочий и резервный) с электродвигателями мощностью 3,0 кВт через кран шаровый КШТВГнж с электроприводом.

Для поддержания в кольцевом трубопроводе в насосной станции рабочего давления 3,0 кгс/см<sup>2</sup> (0,3 МПа), необходимого для гарантированного срабатывания установки при пожаре, предусмотрено использование жockey-насоса АЦМС 1-70 с мощностью электродвигателя 0,37 кВт, с мембранным напорным гидробаком вместимостью 60 л (GRUNFOS).

В качестве запорных устройств на радиальных трубопроводах подачи пенораствора к ЛСД запроектированы пожарные запорные устройства ПЗУ с электроприводом.

Для автоматического контроля уровней пенообразователя и воды в баках предусматриваются электронные сигнализаторы — датчики уровня РОС-301.

Охлаждение соседних с горящим резервуаров частично осуществляется установкой пенного пожаротушения. Кроме того, рекомендуется использовать систему технологического орошения с дополнительно устанавливаемой электрораздвижкой, открывающейся при пожаре в резервуарном парке, а также существующий пожарный гидрант. Лафетные стволы устанавливаются на пожарных вышках.

В качестве устройств пожарообнаружения принят термокабель Protecto-wire, включаемый в адресную приемную станцию пожарной сигнализации «Ладога-А» через искробезопасные цепи блоков БРШС-Ех. Для управления ЛСД и запорными устройствами (ПЗУ) на подводящих трубопроводах проектом приняты шкафы управления ШУ-1Б5-УИ, шкаф сетевого контроллера ШК-СК, устройство сопряжения с комплексным объектом УСО, устройство радиоуправления УРУ-К, пост для ПДУ-П, блок коммутации БК-16, выпускаемые ЗАО «ЭФЭР». В качестве аппаратуры электроуправления насосной станцией приняты шкафы управления задвижками ШК1-401-28М и система управления пожаротушением АСПС 01-13-1310 (НПФ «Свит», г. Гатчина).

#### **4.11. Защита тоннелей пожарными роботами на болидах**

При дорожно-транспортных происшествиях в тоннелях, которые нередко сопровождаются загоранием, организовать пожаротушение сложно из-за возникающих пробок. Пожары в тоннелях имеют тяжелые последствия, но размещать традиционные стационарные установки пожаротушения по всей длине тоннеля экономически дорого и малоэффективно.



В данных случаях наиболее целесообразно применение пожарных роботов с подвижной установкой по ГОСТ Р 53326–2009 [42]. В связи с этим предложено техническое решение\* с установкой пожарных роботов на болидах, движущихся по монорельсу вдоль магистрального пожарного водопровода, с автоматическим подключением к нему в ближайших к месту загорания узлах забора огнетушащего вещества.

На рис. 10.38 представлена функциональная схема РУП с пожарными роботами на болидах. РУП включает в себя два и более пожарных робота 1, установленных на болидах 14, выполненных в обтекаемом корпусе, движущихся по монорельсу 21 вдоль магистрального пожарного трубопровода 3.

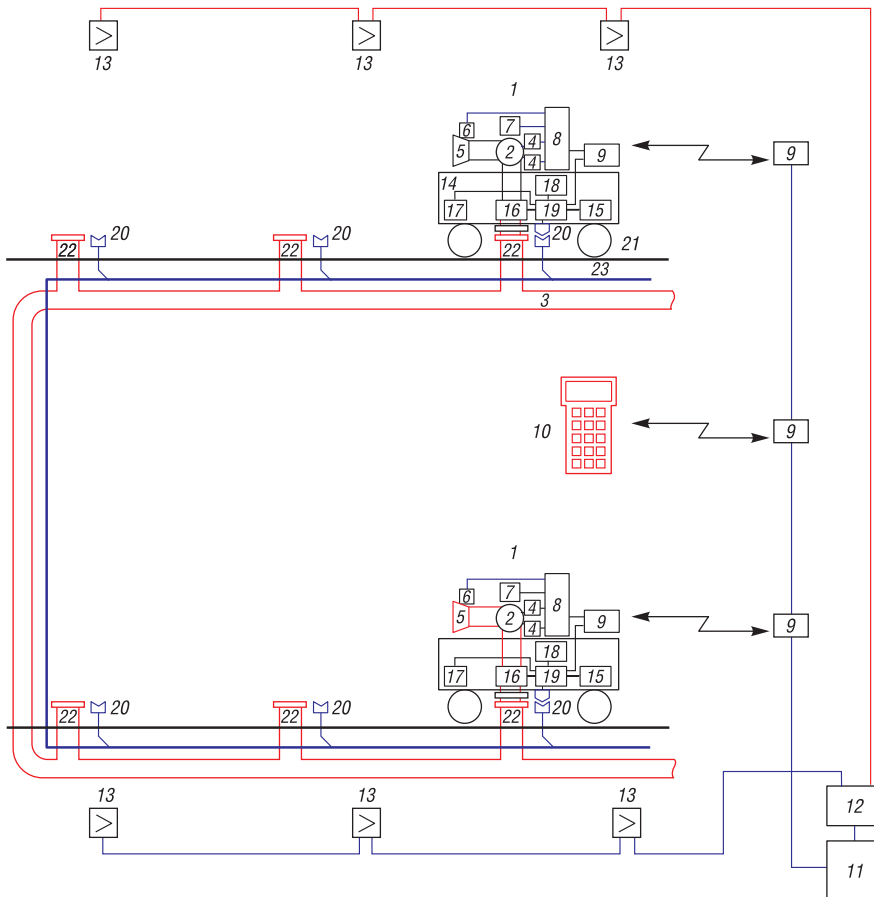


Рис. 10.38. Функциональная схема РУП с пожарными роботами на болидах

\* Ἰ ἰάθευἰύε διαίδησεδἰααίἰύε ἰἰαδἰύε εἰἰἰεαἰἰ. Ἰαοαἰὸ δὸ ἰά ἰἰεαἰὸρ ἰ ἰάαεἰ ἰ 93284. Ἐἰἰἰἰἰ. 14.10.2008 ἰ. Ἐἰἰἰἰἰἰἰἰ: Ἐἰἰ ἰ «ἰἰἰἰ». ἰ ἰἰἰἰ. 27.04.2010 ἰ. ἰἰἰἰ. ἰ 12.

Пожарный робот 1 включает в себя лафетный ствол 2 с приводами наведения 4, насадок 5 с приводом изменения угла распыления 6, устройство обнаружения загорания 7, блок управления роботом 8 и радиоканал 9. Пожарный робот 1 установлен на мобильном устройстве — болиде 14, оснащенный транспортным приводом 15 с широким диапазоном регулирования скорости и следящей системой позиционирования, приводом стыковки 16 к гидроклапану 22 для подключения к пожарному трубопроводу и разъему электропитания 20, дальномером 17, аккумулятором 18 и блоком управления болидом 19. На пожарном трубопроводе 3 установлены гидроклапаны 22 и смонтирована сеть электроснабжения 23 с разъемами электропитания 20. Пожарные роботы 1 соединены по радиоканалу 9 с пультом радиоуправления 10 и устройством управления РУП 11, которое через приемно-контрольное устройство 12 соединено с пожарными извещателями 13.

РУП с пожарными роботами на болидах (см. рис.10.38) (мобильный РУП) работает следующим образом. При срабатывании пожарных извещателей 13 и поступлении сигнала о пожаре от приемно-контрольного устройства 12 устройство управления 11 формирует команду по радиоканалу 9 блоку управления 8 пожарных роботов 1 и блоку управления 19 болидов 14 на перемещение по направляющим путям 21 по адресу зоны загорания. При этом включается транспортный привод 15, получающий электропитание от аккумулятора 18. При подходе к зоне загорания по информации от дальномер 17 формируется команда на пониженную скорость и затем останов у гидроклапана 22. С использованием устройства обнаружения загорания 7 от двух пожарных роботов 1 устройством управления 11 определяются координаты очага загорания и формируются управляющие команды по наведению лафетного ствола 2 приводами вертикального и горизонтального наведения 4. Включается привод стыковки 16 с гидроклапаном 22 и разъемом электропитания 20. От пожарного трубопровода 3 подается вода, а через разъем 20 — электропитание от сети электроснабжения 23. Насадок 5 с использованием приводов изменения угла распыления 6 формирует струю воды. Пожаротушение осуществляется в автоматическом режиме устройством управления 11 по программе строчным сканированием струями по площади очага загорания. Перемещение болидов 14 и пожаротушение могут также осуществляться в дистанционном режиме от пульта дистанционного управления 10.

Подвижная установка расширяет рабочие зоны пожарных роботов при уменьшении их количества на защищаемом объекте, что особенно существенно для протяженных объектов, например тоннелей. На рис. 10.39 показан общий вид пожарных роботов на болидах в автотранспортном тоннеле, перемещающихся вдоль пожарных трубопроводов.

В настоящее время проводятся исследовательские работы по применению пожарных роботов в тоннелях. На рис. 10.40 приведен план-схема ис-

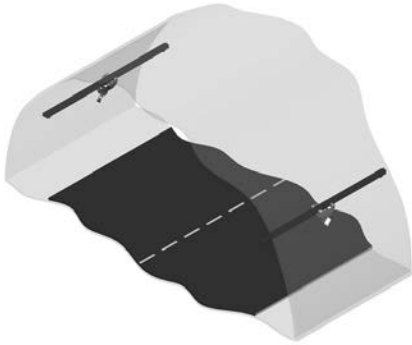


Рис. 10.39. Пожарные роботы на бoлидах в автотранспортном тоннеле

пытаний пожарного робота на испытательном полигоне ВНИИПО, на котором макет тоннеля выполнен с соблюдением основных размеров, принятых для тоннелей.

Эффективная дальность струй в тоннелях составляет порядка 30 м с учетом того, что ограниченные размеры тоннеля по высоте не позволяют использовать оптимальные баллистические траектории. Целью испытаний являлось автоматическое обнаружение пожарным роботом очага загорания в тоннеле, определение его координат и автоматическое пожаротушение (рис. 10.41).

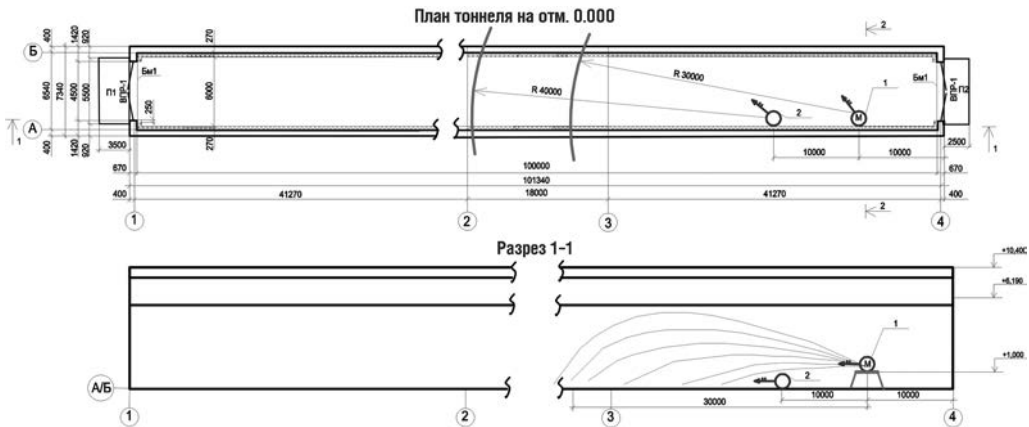


Рис. 10.40. План-схема испытаний пожарного робота в тоннеле на испытательном полигоне ВНИИПО МЧС России

При испытаниях пожарный робот поставленную задачу выполнил, потушив разгоревшийся штабель древесины на расстоянии 30 м, затратив на это время, равное 40 с.

Применение пожарных роботов на бoлидах позволяет с высоким быстродействием и минимальным количеством технических средств организовать подачу ОТВ непосредственно на очаг загорания и ликвидировать его.



Рис. 10.41. Пожарный робот в тоннеле на испытаниях



### 4.13. Роботизированные охранно-пожарные установки на судах дальнего плавания

РУП в комплекте с системами обнаружения несанкционированного проникновения на защищаемый объект и прилегающую зону (системы теленаблюдения с датчиками движения или другие — по требованию заказчика) может использоваться на судах дальнего плавания как роботизированная установка охранно-пожарная РУОП для пожаротушения и защиты от нападения.



Рис. 10.43. Защита ледокола РУОП

РУОП с применением роботов двойного назначения предназначен для защиты судна от нападения и ухода судов от погони скоростных катеров путем сбивания их с курса или физического воздействия на них мощной струей воды, а также для локализации и тушения пожаров на судах.

Система теленаблюдения в составе РУОП предназначена для наблюдения за акваторией судна, определения расположения очага пожара и оперативного наблюдения за развитием ситуации.

В состав РУОП, план-схема которой для судов дальнего плавания представлен на рис. 10.44, входит устройство управления пожарным комплексом УУ, видеоконтрольное устройство ВКУ, до 32 охранно-пожарных роботов ОПр-ЛСД-С40У и система водоснабжения. Охранно-пожарный робот ОПр-ЛСД-С40У в морском исполнении с расходом 40 л/с обеспечивает

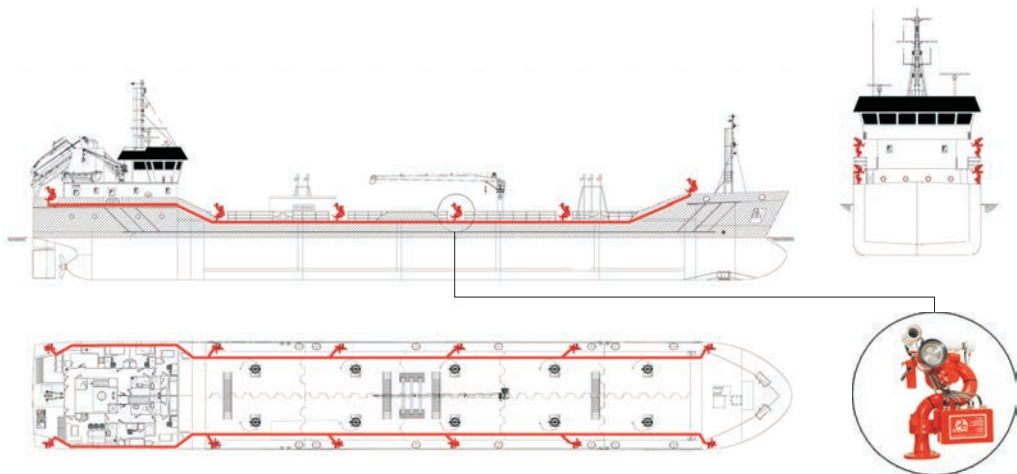


Рис. 10.44. План-схема РУОП для судов дальнего плавания

дальность подачи струи 70 м при давлении 0,8 МПа в сети водоснабжения. При оснащении охранно-пожарного робота телекамерой круглосуточного наблюдения с детекторами движения система теленаблюдения позволяет определять движущиеся объекты на воде и их координаты в прилегающей акватории.

Робот автоматически наводится на заданные координаты и по команде выстреливает струей воды по цели. Координаты цели могут дистанционно корректироваться. Ствол с телекамерой стабилизирован на заданный угол при качке на воде.

Управление наведением струи и изменение угла распыления предусматривается ручное, дистанционное или автоматическое.

#### **4.14. Защита объектов деревообрабатывающей промышленности**

Рассмотрим проект защиты цеха строжки завода ООО «СП-СЭЛ Тайрику» (г. Игирма Иркутской обл.). В цехе площадью 5500 м<sup>2</sup> и высотой 7,2 м постоянно находится значительное количество высушенной древесины в штабелях. В цехе строжки производство организовано по японской технологии, и по условиям выпускаемой продукции рекомендовано использование тонкораспыленной воды для автоматического пожаротушения.

Применение дренчерных систем с оросителями «Аквамастер» и густой сетью трубопроводов в условиях действующего производства проблематично как с точки зрения монтажа, так и обслуживания.

Для тушения пожара в цехе строжки проектом предусматривается автоматическое орошение его площади тонкораспыленной водой с использованием роботизированной установки пожаротушения РУП-10ПР-ЛСД-С6У-ИК-ТВ. РУП предназначена для определения координат очага пожара и его тушения с одновременной сигнализацией о работе и состоянии установки в помещении диспетчерской пожарной охраны. Система теленаблюдения предназначена для оперативного наблюдения за развитием ситуации в зоне очага пожара.

За расчетный расход воды в установке пожаротушения принят расход 12 л/с, определенный с учетом одновременной работы двух пожарных роботов из состава РУП с расходом воды 6 л/с. Расчетное время работы установки пожаротушения — 30 мин.

В качестве водопитателя РУП запроектирована насосная станция пожаротушения с тремя сдвоенными вертикальными многоступенчатыми насосами высокого давления CRN 20-16 SF, CRN 20-17 GRUNDFOS (два рабочих и один резервный), с трехфазными электродвигателями мощностью 18,5 кВт. Данная насосная обеспечивает давление в кольцевом противопожарном трубопроводе в режиме тушения 4 МПа, в дежурном режиме — 1 МПа. В качестве жockey-насоса в дежурном режиме предусмотрено ис-

пользование вертикального многоступенчатого насоса высокого давления CRN 3-19 с трехфазным электродвигателем мощностью 1,5 кВт.

В цехе строжки устанавливаются: пожарные роботы ПР-ЛСД-С6У-ИК-ТВ с пожарными запорными устройствами с электроприводом типа ПЗУ 40-80 Э. Размещение пожарных роботов и ПЗУ предусматривается под нижним поясом ферм. План-схема расстановки пожарных роботов представлена на рис. 10.45, а схема гидравлическая структурная — на рис. 10.46.

С целью оперативного наблюдения за ситуацией в районе очага пожара проектом предусмотрена установка телекамер на пожарных роботах соосно направлению ствола. Видеосигнал от телекамер на ПР передается на аппаратуру приема и обработки видеосигналов, установленную в помещении службы безопасности (диспетчерской).

В режиме контроля (до пожара) трубопроводная сеть автоматической установки пожаротушения до пожарных запорных устройств ПЗУ (одно на пару роботов) находится под давлением 10 кгс/см<sup>2</sup> (1 МПа), которое поддерживается жокей-насосом CRN 3-19.

Аппаратура управления РУП и насосной станцией находится в дежурном режиме.

При возникновении пожара и срабатывании не менее двух пожарных извещателей приемная аппаратура существующей автоматической установ-

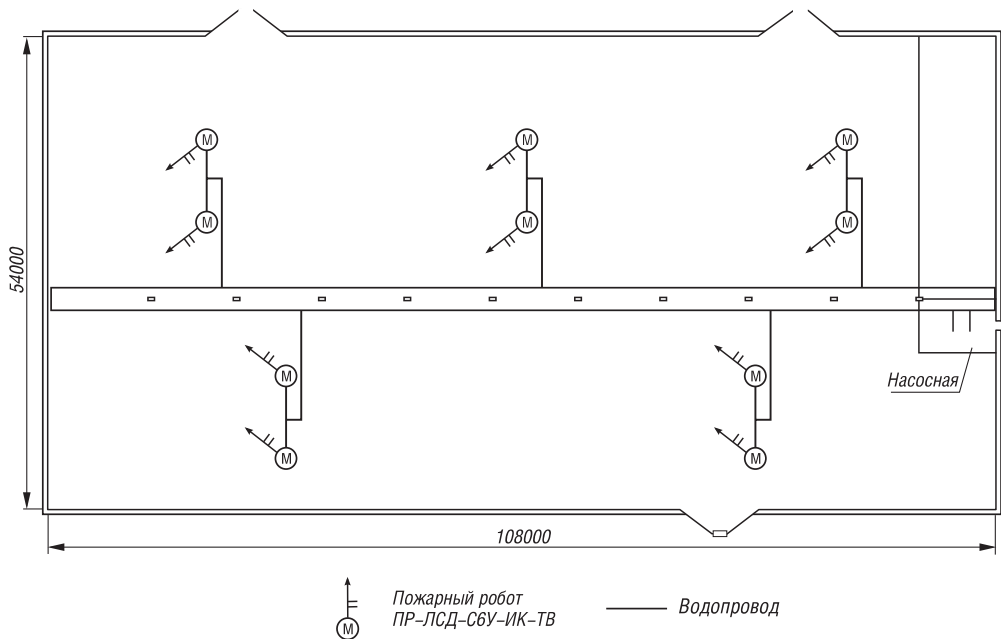


Рис. 10.45. План-схема расстановки пожарных роботов в цехе строжки

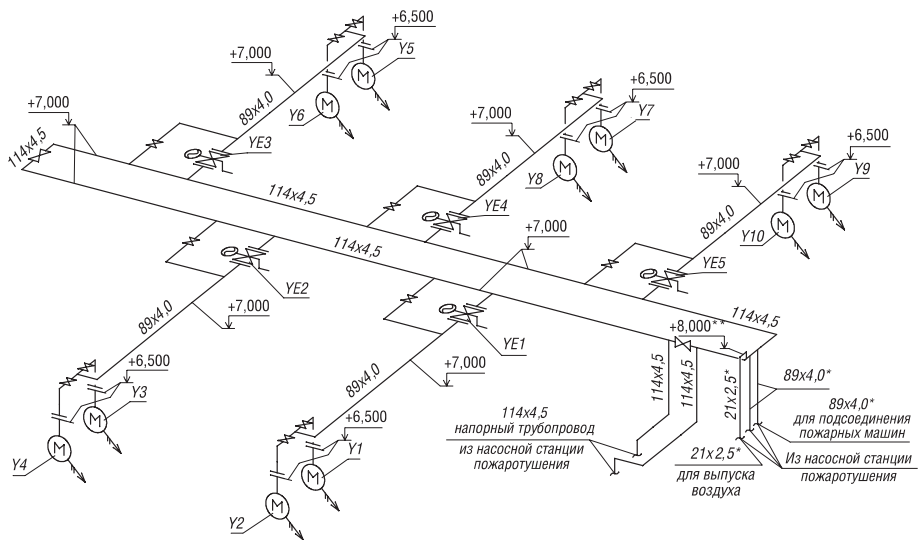


Рис. 10.46. Схема гидравлическая структурная: Y1...Y10 — пожарный робот ПР-АСД-С6У-ИК-ТВ; YE1...YE5 — пожарное запорное устройство фланцевое с электроприводом

ки пожарной сигнализации передает сигнал на блок коммутации БК-16, и РУП начинает работу.

Возможны три варианта работы РУП: автоматический; автоматизированный; дистанционный. Первый вариант рекомендуется использовать для обеспечения пожарной защиты объекта при отсутствии дежурного персонала. Второй вариант отличается от первого тем, что разрешение на поиск очага пожара и открытие ПЗУ санкционирует оператор. Третий вариант рекомендуется использовать при пусконаладочных работах.

#### 4.15. Защита вертолетных площадок

В соответствии с СП 135.13130.2012 [61] вертодромы должны быть оборудованы стационарными автоматизированными или роботизированными установками пожаротушения. На рис. 10.47 показан общий вид вертодрома на крыше здания.

В качестве основного огнетушащего вещества следует использовать воздушно-механическую пену низкой кратнос-



Рис. 10.47. Вертодром



ти на основе фторсинтетических пленкообразующих пенообразователей. Стационарные установки пожаротушения должны осуществлять пожаротушение и охлаждение фюзеляжа вертолета, а также тушение возможного разлива ЛВЖ и ГЖ на поверхности вертодрома. При этом необходимо соблюдать условие гарантированного орошения любой его точки не менее чем двумя струями.

Количество размещаемых на вертодроме ПР должно быть не менее четырех (два рабочих, два — резервных).

Стационарные установки пожаротушения должны иметь возможность создавать защитную водяную завесу с целью повышения безопасности при спасении и эвакуации людей из аварийного вертолета и с вертодрома в безопасную зону. В качестве устройств подачи ОТВ рекомендуется использовать комбинированные лафетные стволы, способные подавать пенораствор на пожаротушение или воду для создания защитной водяной завесы.

Для защиты вертолетной площадки 800 м<sup>2</sup> на крыше бизнес-центра в г. Ижевске принят роботизированный пожарный комплекс с двумя рабочими пожарными роботами ПР-ЛСД-С60Уэ-ИК с расходом 55 л/с. Схема электрогидравлическая структурная показана на рис. 10.48, а план-схема РУП — на рис. 10.49.

В качестве устройств пожарообнаружения используются извещатели пламени. Тушение очага пожара предусматривается одновременной подачей пенораствора двумя пожарными роботами с эжектирующими устройствами.

Для создания пены низкой кратности при пожаротушении применен морозоустойчивый пенообразователь ПО-6МП. Хранение морозоустойчивого пенообразователя ПО-6МП в концентрированном виде предусматривается в двух баках из некоррозируемого материала, расположенных на техническом этаже под вертолетной площадкой. Оборудование РУП обеспечивает автоматический контроль утечки пенообразователя (уменьшение его общего объема на 5 %). Дозирование пенообразователя осуществляется эжектирующими устройствами, входящими в состав ПР. Для подачи пенообразователя от бака его хранения до эжектирующего устройства ПР прокладываются отдельные трубопроводы с соленоидными клапанами. При расчете запаса пенообразователя следует исходить из следующих условий:

- продолжительность подачи пены — не менее 600 с;
- наличие 100 %-ного запаса пенообразователя, который используется при необходимости продолжения пожаротушения.

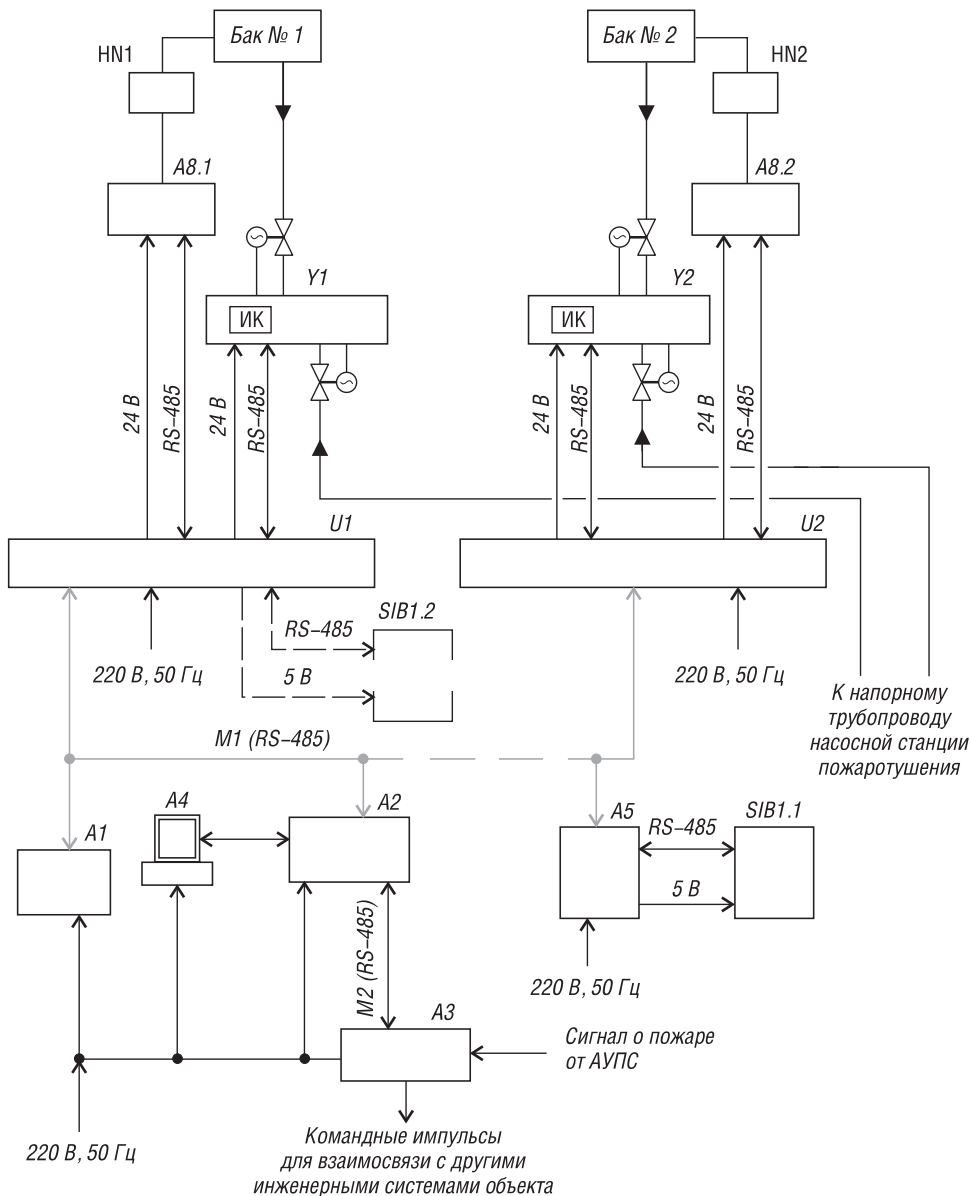


Рис. 10.48. Схема электрогидравлическая структурная: А1 — шкаф сетевого контроллера ШК-СК; А2 — шкаф устройства сопряжения с объектом ШК-УСО; А3 — блок коммутации БК-16; А4 — компьютер; А5 — пост подключения ПДУ; А8.1, А8.2 — контроллер уровня пенообразователя; HN1, HN2 — устройство контроля жидкости; SIB1.1, SIB1.2 — пульт дистанционного управления ПДУ-П; U1, U2 — блок питания и подключения; Y1, Y2 — пожарный робот с дисковым затвором и соленоидным клапаном, с ИК-сканером

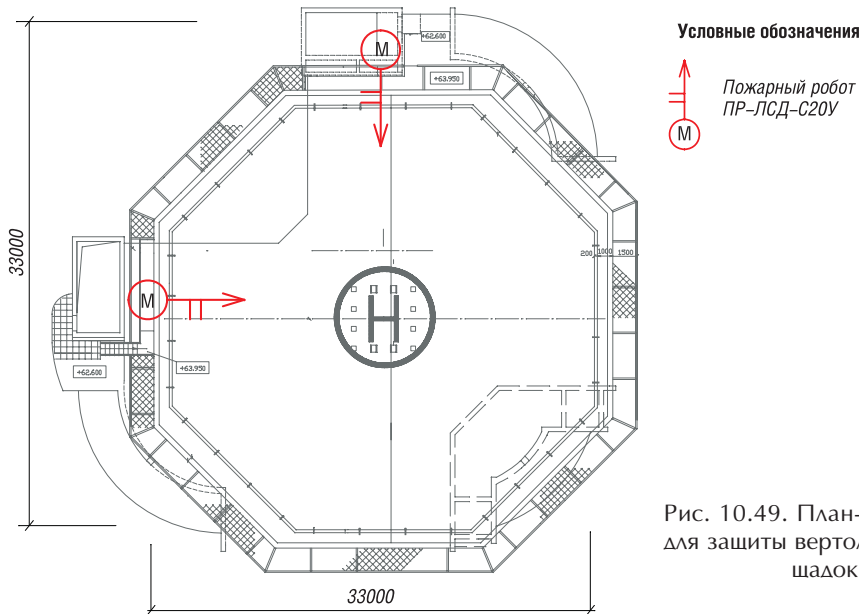


Рис. 10.49. План-схема РУП для защиты вертолетных площадок

#### 4.16. Бумагоделательное производство

ОАО «Рубежанский картонно-тарный комбинат» (ОАО РКТК), ведущий производитель упаковки из гофрированного картона на Украине, — одно из крупнейших предприятий в СНГ. Мощный потенциал комбината обеспечивает его успешную работу с 1991 г. В своей работе предприятие равняется на передовой опыт производителей Европы.

ОАО РКТК представляет собой интегрированный комплекс по производству картона для плоских слоев гофрокартона, бумаги для гофрирования, картона гофрированного на их основе и тары из гофрокартона для многих отраслей: пищевой, табачной, химической промышленности, производств алкогольных и безалкогольных напитков, бытовой техники, фарфора и керамики, металлоизделий и т. д.

На складе готовой продукции внедрен 1-й пусковой комплекс автоматической установки водяного пожаротушения на базе роботизированного пожарного комплекса в составе двух пожарных роботов ПР-ЛСД-С40У с рас-



Рис. 10.50. Пожарные роботы на Рубежанском КТК

ходом 40 л/с (рис. 10.50). Давление в трубопроводе — 0,8 МПа. Угол распыла струи —  $90^\circ$ , угол струи над горизонтом —  $15\text{--}20^\circ$  исходя из условия орошения верхней частью факела струи ферм и перекрытия. Зону тушения определяет автоматическая пожарная сигнализация с аспирационными извещателями. Расположение роботов — вертикальное, рабочим насадком вниз. Защищаемая площадь — около  $600\text{ м}^2$ .

#### 4.17. Metallurgical industry

ПАО «Мариупольский металлургический комбинат имени Ильича» — одно из крупнейших предприятий Украины с полным металлургическим циклом. Продукция комбината экспортируется более чем в 80 стран мира.

Производственные мощности комбината позволяют производить в год около 6,1 млн. т стали, в том числе конвертерной 3,6 млн. т, 12 млн. т агломерата, более 5,5 млн. т чугуна и более 5 млн. т готового проката.

На комбинате внедрены новые технологии — комплекс подачи пылеугольного топлива (ПУТ) на доменные печи с целью экономии природного газа и кокса. В составе комплекса ПУТ работает склад угля длиной 160 м и шириной 30 м, вместимость склада — 25 тыс. т угля. Склад защищают шесть ПР-ЛСД-С40У. План-схема расстановки пожарных роботов представлен на рис. 10.51. Огнетушащее вещество — распыленная вода со смачивателем. Зону тушения определяет автоматическая пожарная сигнализация.

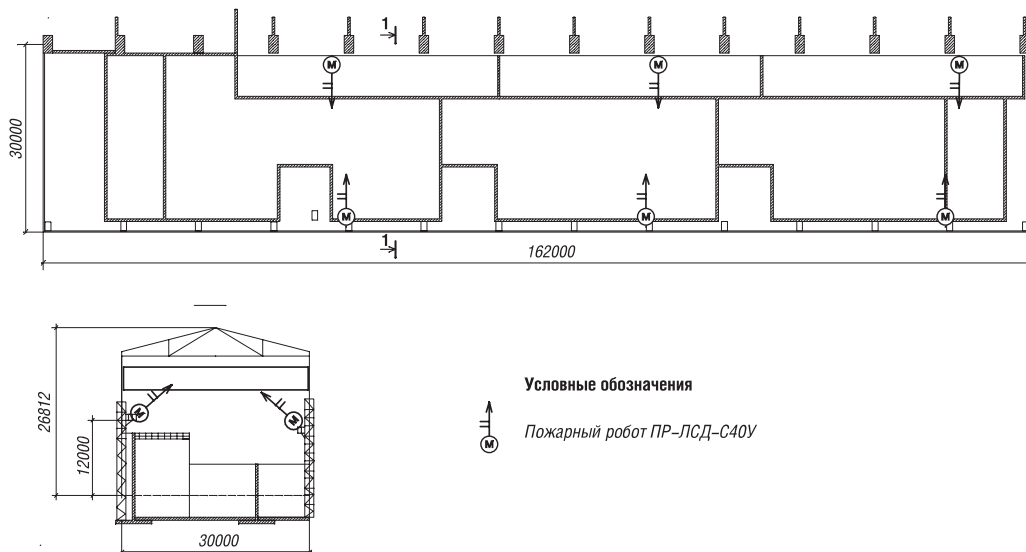


Рис. 10.51. План-схема расстановки пожарных роботов на складе угля

## **ГЛАВА 5. Общая оценка развития новых технологий пожаротушения на базе пожарных роботов**

В заключение хотелось бы отметить, что пожарные роботы и новые технологии пожаротушения на их основе становятся неотъемлемой частью пожарной безопасности практически во всех отраслях деятельности человека, сопряженных с пожарной опасностью. Их возможность, с одной стороны, замещать человека в экстремальных условиях, а с другой — взаимодействовать с ним позволяет более эффективно и безопасно тушить пожары.

Высокое быстродействие, адресная доставка ОТВ, концентрация ОТВ на локальный участок возгорания, гибкая система управления, самотестирование вот далеко неполный перечень технических показателей пожарных роботов, которые значительно расширяют технические возможности пожарной автоматики и повышают надежность защиты объектов в целом.

Из опыта применения пожарных роботов можно отметить выраженную тенденцию к расширению применения роботизированных установок пожаротушения. Хотелось бы, чтобы специалисты пожарной автоматики обращали внимание на новые технические ресурсы, работники пожарной охраны чаще принимали в свои ряды «железных огнеборцев», а специалисты, занимающиеся составлением норм и правил, не отставали от технического прогресса.



23. Í ÍÁ 80–99. Ì íàöëüí úâ óñðàííáèè í íæðíðóø áíëý òí íéíðàñí ùëáíííé áíáíé àà-  
òí ì àðè-àñèèá. Í áù èá ðàóíè-àñèèá ððááíááíëý. Ì áòíáù èñí ùðàíèé : íðèéàç ÁÓÁÍÑ Ì ×Ñ  
Ðíññèè ìò 20.10.99 á. <sup>1</sup> 80; áááá. 01.12.99 á. — Ì. : Á Í È È Í Í Ì ÁÁ Ðíññèè, 1999.

24. Мешалкин Е. А., Шевченко П. М. Ñíñòýíýèá è íáðñíáèðèèá ðàçðááíðíé èçááèèé  
äëý ðóøáíëý í íæðíá òí íéíðàñí ùëáíííé áíáíé // Í íæðíáý àáòí ì àðèèá : æóðíáè-èàðàèíá.  
— 2008.

25. Абдурагимов И. М. Íáñíñòýíýäëüííñü èäáè ìðè ìáíáíëý òí íéíðàñí ùëáíííé  
è «ðáðí íáèðèèáèðíááíííé» (íáðááðáðíé) áíáù äëý í íæðíðóø áíëý // Í íæðíáçðúáí-  
ááçííáñííñü. — 2011. — Ò. 20, <sup>1</sup> 6. — Ñ. 54.

26. Абдурагимов И., Макаров В., Говоров В. Òèçèèí-ðèìè-àñèèá ìñííáù ðàçáèðèèý  
è ðóøáíëý í íæðíá. — Ì. : Á È Ì Õ Ì ÁÁ ÑÑÑÐ, 1980.

27. Á Í Ñ Ò Ð 50588–93. Íáííáðàçíáàðáèè äëý ðóøáíëý í íæðíá. Í áù èá ðàóíè-àñèèá  
ððááíááíëý è ìáòíáù èñí ùðàíëý. — Áááá. 01.07.94 á. — Ì. : Èçä-áí òðáíáàððíá, 1993; È Í È  
Èçä-áí òðáíáàððíá, 2006.

28. Ðóéíáíñòáí íí ðóøáíëþ íáððè è íáððáíðíáöéòíá á ðàçáðáóàððáè è ðàçáðáóàððí ùó  
íáðèèá / Á Í È È Í Í Ì ÁÁ Ð Ò, Á Ó Á Í Ñ Ì ÁÁ Ð Ò. — Ì., 1999.

29. Á Í Ñ Ò 27331–87. Í íæðíáý ðàóíèèá. Èèáññèðèèáöëý í íæðíá. — Áááá. 01.01.88 á. —  
Ì. : Èçä-áí òðáíáàððíá, 1987.

30. Òàóíè-àñèèèé ðáèèáíáíó ì ððááíááíëýò í íæðííé ááçííáñííñè: Óáááð. çàéíí ìò  
22.07.2008 <sup>1</sup> 123-ÔÇ; íðèíýò Áíñ. Áóííé 04.07.2008 á.; íáíáð. Ñíá. Óáááðáðèè 11.07.2008 á. //  
Ðíññèèéèàý áàçáà. — 2008. — <sup>1</sup> 163; Ñíáð. çàéíííáàðáèüñàà Ð Ò. — 2008. — <sup>1</sup> 30 (÷. Ì), òð. 3579.

31. Á Í Ñ Ò 12.1.044–89\*. ÑÑÁ Ò. Í íæðíáçðúáíííáñííñü ááù àñòà è ìáððèèáííé. Í í-  
íáíéèàððá í íèàçàðáèé è ìáòíáù èó ííðááèéáíëý. — Áááá. 01.01.91 á. — Ì. : Èçä-áí òðáí-  
áàððíá, 1989; È Í È Èçä-áí òðáíáàððíá, 1996; 2001.

32. Ñèèáííáèèáííá ÿñðáèáù äëý èáèííáñíèèáíáíýþ ù èóñý æèèííòáè è ñæèáíííóò  
ðáèáíáíðíáííó áàçíá. Òðááíááíëý í íæðííé ááçííáñííñè : ðáèííáíáàðèè. — Ì. : ÓÁÓ  
Á Í È È Í Í, 2007.

33. Á Í Ñ Ò Ð 12.3.047–98. ÑÑÁ Ò. Í íæðíáý ááçííáñííñü ðàóííéíáè-àñèèð ìðíóáññíá.  
Í áù èá ððááíááíëý. Ì áòíáù èííóðíëý. — Áááá. 01.01.2000 á. — Ì. : Èçä-áí òðáíáàððíá,  
1998. — 85 ñ.

34. Ñ Í 12.13130.2009 Í íðáááèéáè èàðááíðèé íííáùáíéè, çááíèè è íáðóæííóò óñðà-  
ííáíè íí áçðúáíííæðííé è í íæðííé ííáñííñè : íðèéàç Ì ×Ñ Ðíññèè ìò 25.03.2009 á.  
<sup>1</sup> 182; áááá. 01.05.2009 á. — Ì. : ÓÁÓ Á Í È È Í Í Ì ×Ñ Ðíññèè, 2009.

35. Á Í Ñ Ò 12.1.004–91\* ÑÑÁ Ò. Í íæðíáý ááçííáñííñü. Í áù èá ððááíááíëý. — Áááá.  
01.07.92 á. — Ì. : Èçä-áí òðáíáàððíá, 1991; È Í È Èçä-áí òðáíáàððíá, 1996; 2002.

36. Á Í Ñ Ò 30244–94. Ì áðáðèèü òðíèðáèüííá. Ì áòíáù èñí ùðàíèé íá áíðþ-áññü. —  
Áááá. 01.01.96 á. — Ì. : È Í È Èçä-áí òðáíáàððíá, 1996.

37. Á Í Ñ Ò 30402–96. Ì áðáðèèü òðíèðáèüííá. Ì áòíá èñí ùðàíèé íá áíñíèèáíáíýá-  
ííñü. — Áááá. 01.07.96 á. — Ì. : ÁÓÍ Õ Í Í, 1996.

38. Á Í Ñ Ò Ð 51032–97. Ì áðáðèèü òðíèðáèüííá. Ì áòíá èñí ùðàíëý íá ðáñíðííððáíá-  
íèá íèàíáíè. — Áááá. 01.01.97 á. — Ì. : ÁÓÍ Õ Í Í, 1997.

39. Á Í Ñ Ò 30247.0–94. Èííòðóèèè òðíèðáèüííá. Ì áòíáù èñí ùðàíèé íá íáíáñíè-  
èíñü. Í áù èá ððááíááíëý. — Áááá. 01.01.96 á. — Ì. : Èçä-áí òðáíáàððíá, 1996.

40. *Á Ĩ ÑÒ 30403–96.* Ê ĩ ñò ðó è ö è è ñ ð ð ĩ è ð à è ù ĩ ù á. Ĩ à ð ĩ á ĩ ĩ ð á á á è á ĩ è ÿ ĩ ĩ æ ð ĩ ĩ é ĩ ĩ à ñ ĩ ĩ ñ ò è. — *Á á á á.* 01.07.96 á. — Ĩ . : *Á Ó Ĩ Ö Ĩ Ĩ*, 1996.

41. *Í Ĩ Á 110–03.* Ĩ á ð á-á ĩ ù ç á á ĩ è é, ñ ĩ ĩ ð ó æ á ĩ è é, ĩ ĩ ĩ á ù á ĩ è é è ĩ á ĩ ð ó á ĩ á á ĩ è ÿ, ĩ ĩ æ á-æ á ù è ð ç á ù è ð á á à ð ĩ ĩ à ð è-á ñ è è ĩ è ó ñ ò á ĩ ĩ á è à ĩ è ĩ ĩ æ ð ĩ ð ó ø á ĩ è ÿ è á à ð ĩ ĩ à ð è-á ñ è ĩ é ĩ ĩ æ ð ĩ ĩ é ñ è á ĩ á è ç ç à ò è á é : ĩ ð è è à ç Ĩ × Ñ Ð ĩ ñ ñ è è ĩ ð 18.06.2003 á. <sup>1</sup> 115; á á á á. 30.06.2003 á. — Ĩ . : *Á Ó Á Ĩ Ñ è Ö Á Ó Á Ĩ È È Ĩ Ĩ Ĩ × Ñ Ð ĩ ñ ñ è è*, 2003.

42. *Á Ĩ ÑÒ Ð 53326–2009.* Ò á ð ĩ è è á ĩ ĩ æ ð ĩ ð ó ø á ĩ è ÿ. Ó ñ ò á ĩ ĩ á è è ĩ ĩ æ ð ĩ ð ó ø á ĩ è ÿ ð ĩ á ĩ-ð è ç è ð ĩ á á ĩ ĩ ù á. Ĩ á ù è á ð á ð ĩ è-á ñ è è á ð ð á á ĩ á á ĩ è ÿ. Ĩ à ð ĩ á ù è ñ ĩ ĩ ù ð á ĩ è é. — *Á á á á.* 01.01.2010 á. — Ĩ . : *Ñ ò á ĩ á à ð ð è ĩ ó ĩ ð ĩ*, 2009.

43. *Теребнев В. В., Казанцев С. Г., Богомолов М. В.* À ĩ á è è ç ĩ ĩ æ ð ĩ ù ð ñ à ĩ é ĩ á « ĩ ĩ-á ĩ á ĩ ĩ ĩ é ĩ á ĩ è ÿ » // *Ĩ ĩ æ ð ĩ á ç ð ù á ĩ á ç ĩ ĩ à ñ ĩ ĩ ñ ù.* — 2011. — Ò. 20, <sup>1</sup> 3. — Ñ. 52–56.

44. *Á Ĩ ÑÒ Ð 53331–2009.* Ò á ð ĩ è è á ĩ ĩ æ ð ĩ á ÿ. Ñ ò á ĩ è ù ĩ ĩ æ ð ĩ ù á ð ó-ĩ ù á. Ĩ á ù è á ð á ð ĩ è-á ñ è è á ð ð á á ĩ á á ĩ è ÿ. Ĩ à ð ĩ á ù è ñ ĩ ĩ ù ð á ĩ è é. — *Á á á á.* 01.05.2009 á. — Ĩ . : *Ñ ò á ĩ á à ð ð è ĩ ó ĩ ð ĩ*, 2009.

45. *Í Ĩ Á 163–97.* Ĩ ĩ æ ð ĩ á ÿ ð á ð ĩ è è á. Ĩ ñ ĩ ĩ á ĩ ù á ĩ ĩ æ ð ĩ ù á á à ð ĩ ĩ á è è è. Ĩ á ù è á ð á ð ĩ è-á ñ è è á ð ð á á ĩ á á ĩ è ÿ. Ĩ à ð ĩ á ù è ñ ĩ ĩ ù ð á ĩ è é : ĩ ð è è à ç *Á Ó Á Ĩ Ñ Ĩ Á Á Ð ĩ ñ ñ è è* ĩ ð 01.12.97 á. <sup>1</sup> 76; ĩ ð è è à ç *Ĩ × Ñ Ð ĩ ñ ñ è è* ĩ ð 18.06.2003 á. <sup>1</sup> 316; á á á á. 01.12.97 á. — Ĩ . : *Á Ĩ È È Ĩ Ĩ Ĩ Á Á Ð ĩ ñ ñ è è*, 1997.

46. *Í Ĩ Á 307–2002.* Ĩ ĩ æ ð ĩ ù á á à ð ĩ ĩ á è è è. Ĩ ĩ ĩ á ĩ é è à ð ó ð á ĩ ĩ é à ç à ð á è á é : ĩ ð è è à ç *Á Ó Á Ĩ Ñ Ĩ × Ñ Ð ĩ ñ ñ è è* ĩ ð 23.12.2002 á. <sup>1</sup> 48; á á á á. 01.04.2003 á. — Ĩ . : *Á Ó Á Ĩ Ñ è Á Ĩ È È Ĩ Ĩ Ĩ × Ñ Ð ĩ ñ ñ è è*, 2003.

47. *Дуэнгауэр С. А.* Ĩ ĩ æ ð ĩ ð ó ø á ĩ è á ð ĩ ĩ é ĩ ð à ñ ĩ ù è á ĩ ĩ é á ĩ á ĩ é : ĩ à ò á ĩ è ç ĩ ù, ĩ ñ ĩ á á ĩ-ĩ ĩ ñ ò è, ĩ à ð ñ ĩ á è ð è á ù // *Ĩ ĩ æ ð ĩ á ç ð ù á ĩ á ç ĩ ĩ à ñ ĩ ĩ ñ ù.* — 2004. — <sup>1</sup> 6. — Ñ. 78–81.

48. *Ñ è è á ĩ á è è á ĩ ù á ÿ ñ ð á è á á ù æ ÿ è á á é ĩ á ĩ ñ ĩ è à ĩ á ĩ ÿ ð è ð ñ ÿ, á ĩ ð ð-ð è æ è é ĩ ñ ò á è è ñ æ è á ĩ ĩ ù ð ó æ á ĩ á ĩ ð ĩ á ĩ ù ð á ç ĩ á.* Ò ð á á ĩ á á ĩ è ÿ ĩ ĩ æ ð ĩ ĩ é á ç ĩ ĩ à ñ ĩ ĩ ñ ù è : ð á é ĩ ĩ á ĩ á à ð è è. — Ĩ . : *Ö Á Ó Á Ĩ È È Ĩ Ĩ Ĩ*, 2008.

49. *Á á á ĩ ñ ò á á ĩ ù á ð è à ç ĩ è ÿ ĩ ĩ ð ĩ ð è á ĩ ĩ æ ð ĩ ĩ ó ĩ ð ĩ á è ð è ð ĩ á á ĩ è ð ĩ ð á ĩ ð è ÿ ð è é, ç á á ĩ è é è ñ ĩ ĩ ð ó æ á ĩ è é ĩ á ð ð á ĩ á ð á á á à ð ù á à ð ù á è è ĩ á ð á ð è ĩ è-á ñ è ĩ é ĩ ð ĩ ĩ ù ø è á ĩ ĩ ñ ò è.* *Á Ó Ĩ Ĩ-88* : ĩ ð è è à ç *Ĩ è ĩ ĩ á ð á ð è ĩ ĩ ð ĩ à Ñ Ñ Ñ Ð* ĩ ð 14.03.86 á. <sup>1</sup> 235; á á á á. 14.03.86 á. — Ĩ . , 1989.

50. *Ĩ ð ĩ ð è á ĩ ĩ ĩ æ ð ĩ ù á ĩ ĩ ð ĩ ù ĩ ð ĩ á è ð è ð ĩ á á ĩ è ÿ ĩ á ú á è ð ĩ á Ç à ĩ á ĩ ĩ-Ñ è á è ð ñ è ĩ á ĩ ĩ á ð á á á ç ĩ á ĩ á ĩ é ĩ ĩ ĩ è á ñ è.* *Á Ĩ Ö Ĩ 03/170/567-87* : ó ð á. Ĩ è ĩ ĩ á ð á á á ç ñ ð ĩ á ĩ 12.03.87 á; Ĩ è ĩ á ç ĩ ð ĩ-ĩ ĩ ĩ Ñ Ñ Ñ Ð 17.04.87 á; Ĩ è ĩ ĩ á ð á ð è ĩ ĩ ð ĩ ĩ ĩ Ñ Ñ Ñ Ð 14.04.87 á; á á á á. 01.09.87 á. — Ĩ . , 1987.

51. *Ĩ ð á á è è á ó ñ ð ð ĩ é ñ ò á á ÿ è á è ð ð ĩ ó ñ ò á ĩ á ĩ é (Ĩ Ó Ý)* : ó ð á. Ĩ è ĩ ĩ á ð á ĩ ð ĩ ñ ñ è è; á á á á. 01.07.2000 á. — *È ç á.* 7-á. — Ĩ . : *Í Ö Ý Í Á Ñ*, 1999.

52. *Á Ĩ ÑÒ Ð 51330.11–99 (Ĩ Ý È 60079-12–78).* Ý è á è ð ð ĩ á ĩ á ð ó á ĩ á á ĩ è á ç ð ù á ĩ ç á ù è ù á ĩ-ĩ á. × á ñ ò ù 12: *È è á ñ ñ è ð è è á ø è ÿ ñ ĩ á ñ á è á ç ĩ á è ĩ á ð ĩ á ñ á ĩ ç á ó ó ĩ ĩ ĩ á ç ĩ ĩ à ñ ĩ ù ĩ ÿ è ñ ĩ á ð è-ĩ á ĩ ð á è ù ĩ ù ĩ á è ñ è ĩ á è ù ĩ ù ĩ ç à ç ĩ ð á ĩ è ĩ è ĩ è ĩ á è ù ĩ ù ĩ á ĩ ñ ĩ è à ĩ á ĩ ÿ ð è ĩ ð ĩ è à ĩ.* — *Á á á á.* 01.01.2001. — Ĩ . : *È Ĩ È È ç á-á ĩ ñ ò á ĩ á à ð ð ĩ á*, 2001.

53. *Ñ Ĩ È Ĩ 2.04.02–84\*.* Á ĩ á ĩ ñ ĩ á á æ á ĩ è á. Ĩ á ð ó æ ĩ ù á ñ à ð è è ñ ĩ ĩ ð ó æ á ĩ è ÿ : ĩ ĩ ñ ò á ĩ ĩ á è á ĩ è á *Á ĩ ñ ñ ð ð ĩ ÿ Ñ Ñ Ñ Ð* ĩ ð 27.07.84 á. <sup>1</sup> 123; á á á á. 01.01.85 á. — Ĩ . : *Ñ ð ĩ é è ç á à ð*, 1985; *Á Ĩ Ö Ĩ Ĩ*, 1996.

54. *Ñ Ĩ È Ĩ 2.04.01–85\*.* Á ĩ ó ð ð á ĩ ĩ è á ĩ á ĩ ð ĩ á ĩ á è è à ĩ á è è ç á è ÿ ç á á ĩ è é : ĩ ĩ ñ ò á ĩ ĩ á è á ĩ è á *Á ĩ ñ ñ ð ð ĩ ÿ Ñ Ñ Ñ Ð* ĩ ð 04.10.85 á <sup>1</sup> 189; á á á á. 01.07.86 á. — Ĩ . : *Ö È Ö Ĩ*, 1986; *Ö Á Ó Ĩ Ö Ĩ Ĩ*, 2006.



55. ÑĪ 66.13330.2011. Īđíáèèèđíááíèè è ñòđíèòáèüñòáí íàííđíúò ñáðáè áíáíñíááæáíèý è áíáííòááááíèý ñ íðè ìáíáíèèáì áúññíèííđí÷íúò òðóá èç ÷óáóíá ñ øàđíáèèáíúì áðàòè-òìì : íðèèàç Ī è íðááèí íáĐÓ íò 28.12.2010 á. <sup>1</sup> 821; áááá. 20.05.2011 á. — Ī. : ĪÁĪ «ÖĪĪ», 2011.

56. *Абрамов Н. Н., Поспелова М. М.* Ðàñ÷áð áíáííđíáíáíúò ñáðáè. — Ī. : ÁĪñ-ñòđíèèçààð, 1962.

57. *Шевелев Ф. А.* Òááèèòú àèý àèáðááèè÷áñèíáí ðàñ÷áðà ñòàèüíúò, ÷óáóííúò, áñááñòí-òáìáíóíúò, íèáñòìáññíáúò è ñòáèèýííúò áíáííđíáíáíúò òðóá. — Ī. : Ñòđíèèçààð, 1973.

58. ÁĪÑÒ 12.2.072–98. Ðíáíòú ìðìì ù øèáííúá. Ðíáíòèçèèđíááííúá òáóííèíèè÷áñèèèèèííèèè. Òðááíááíèý ááçííáñííñòè è ìáòíáú èñíúòàíèè. — Áááá. 01.01.2002 á. — Ī. : ÈĪÈ Èçá-áí ñòáíáàððíá, 2001.

59. ÁĪÑÒ Ð 50680–94. Òñòáííáèè áíáýííáí ííæáðíòóøáíèý ááòíìáðè÷áñèèè. Íáúèèá òáóíèè÷áñèèèáðááíááíèý. Īáòíáú èñíúòàíèè. — Áááá. 01.01.95 á — Ī. : ÈĪÈ Èçá-áí ñòáíáàððíá, 1994.

60. ÁĪÑÒ Ð 50800–95. Òñòáííáèè íáííáí ííæáðíòóøáíèý ááòíìáðè÷áñèèè. Íáúèèá òáóíèè÷áñèèèáðááíááíèý. Īáòíáú èñíúòàíèè. — Áááá. 01.01.96 á. — Ī. : ÈĪÈ Èçá-áí ñòáíáàððíá, 1995.

61. ÑĪ 135.13130.2012. Ááðòíáðììú. Òðááíááíèý ííæáðííè ááçííáñííñòè : íðèèàç Ī ×Ñ Ðíññèè íò 13.11.2012 á. <sup>1</sup> 677; áááá. 01.11.2012 á.; çàðáá. Ðíññòáíáàððíì 27.11.2012 á. URL : <http://fire-consult.ru/catalog/20/20-2/sp-135-13130-2012-vertodromy-trebovaniya-pozharnoj-bezopasnosti.html>.

62. Òáóíèè÷áñèèèè ðááèèáíóð í ááçííáñííñòè çááíèè è ñííðóæáíèè : Òáááð. çàèíí íò 30.12.2009 á. <sup>1</sup> 384-Ôç; íðèíýð ÁĪñ. Áóííè 23.12.2009 á.; íáíáð. Ñíá. Òáááðáòèè 25.12.2009 á. // Ðíññèèèèèèè ááçàðà, <sup>1</sup> 255, 31.12.2009 á.; Ñíáð. çàèíííáàòáèüñòáè ĐÓ, 04.01.2010, <sup>1</sup> 1, ñò. 5.

63. ÁĪÑÒ 12.1.030–81\*. ÑÑÁÓ. Ýèáèððíááçííáñííñòú. Çàúèðííá çàçáìèèáíèè, çáíóèáíèè. — Áááá. 01.07.82 á. — Ī. : Èçá-áí ñòáíáàððíá, 1981.

64. ÁĪÑÒ 21130–75\*. Èçááèèý ýèáèððíáòáóíèè÷áñèèè. Çàèèìú çàçáìèèèèè è çíáèè çàçáìèèè. Èííñòðóèèèè è ðàçìáðú. — Áááá. 01.07.76 á. — Ī. : ÈĪÈ Èçá-áí ñòáíáàððíá, 2003.

65. ÁĪÑÒ Ð 12.4.026–2001\* ÑÑÁÓ. Òááòà ñèáíáèüíúá, çíáèè ááçííáñííñòè è ðàçìáðèè ñèáíáèüíáý. Íáçíá÷áíèè è ìðááèèè ìðè ìáíáíèè. Íáúèèá òáóíèè÷áñèèèáðááíááíèý è òáðáèòá-ðèñòèèè. Īáòíáú èñíúòàíèè. — Áááá. 01.01.2003 á. — Ī. : ÈĪÈ Èçá-áí ñòáíáàððíá, 2001.

66. ÑĪèĪ 2.11.03–93. Ñèèááú íáòèè è íáòáðíðíáóèðíá. Īðíòèáíííæáðííúá ííðìú : ííñòáííáèèèè ÁĪññòðíý Ðíññèè íò 26.04.93 á.; áááá. 01.07.93 á. — Ī. : ÁĪ ÖĪĪ, 1993.

67. ÍĪÁ 105–03. Íðáááèèèèè èàòááíðèè íííáúáíèè, çááíèè è íáðóæíúò òñòáííáíè íí áçðúáíííæáðííè è ííæáðííè ííáñííñòè : íðèèàç Ī ×Ñ Ðíññèè íò 18.06.2003 á. <sup>1</sup> 314; áááá. 01.08.2003 á. — Ī. : ÁÓÁĪÑ è ÓÁÓ ÁÍÈÈĪ Ī ×Ñ Ðíññèè, 2003.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Íðààèñéíáèá .....	5
<b>×ÀÑÕÛ 1. Íð ðáðáíáí ðíæáðííáí ðíáíðá áí çááíáà ðíæáðí ùð ðíáíðá</b> .....	<b>7</b>
Áèááá 1. Ðíáíð á Èèæáð .....	7
Áèááá 2. Ìíæáðí ùá ðíáíð ðá ×áðííáí ùèñéíé ÁÝÑ .....	16
Áèááá 3. Çíèíðáÿ ðááèù ÁÁÍÕ «æáèçíííó ðáíááíððó» .....	19
Áèááá 4. Íáðá ùá ðíæáðí ùá ðíáíð ùèÿ ðáèèíí ùð çáèíá ÁÝÑ .....	22
4.1. Õáèù ðáçðááíðèè. Íáè ðáíááíèá è ðáçíá-áíèá òñðíéíðáá .....	23
4.2. Áúáíð éííðððéèèè ðíæáðííáí ðíáíðá ùèÿ ÁÝÑ .....	23
4.3. Ñíñðáá ðíæáðííáí ðíáíðá ùèÿ ÁÝÑ .....	24
4.4. Ííèñáíèá ðááíð ùá ðíæáðííáí ðíáíðá ùèÿ ÁÝÑ .....	26
Áèááá 5. Ñáðèéíá ððíèçáíñðáá ðíæáðí ùð ðíáíðá è ððáíèùííé ðíæáðíé ðáðíèèè á Ðíñèè .....	28
<b>×ÀÑÕÛ 2. Áèðááèèèá á ðíæáðíí ðáèá</b> .....	<b>31</b>
Áèááá 1. Ìíííáí ùá ðèçè-áñèèá ðáíèíðáá æèæéíðè .....	31
Áèááá 2. Áèáðíðáðèèá .....	33
Áèááá 3. Èçíáðáíèá áááèáíèÿ .....	34
Áèááá 4. Ááèóóì è ááí èçíáðáíèá .....	35
Áèááá 5. Ðáñ-áð ððóá è ððèááíá, ðáðíáÿ ù èðñÿ ðá áááèáíèá ðááù, ðá ððí-ííð ù .....	36
Áèááá 6. Áèáðíáè ðáíèèá .....	37
6.1. Ìíííáí ùá ðííÿðèÿ ðááèæáíèè æèæéíðè .....	37
6.2. Ááèæáíèá æèæéíðè ðí ððèáááì è ððóááì .....	40
6.3. Èçíáðáíèá ðéíðíðè ðíðíèá è ðáñðíáá æèæéíðè .....	43
6.4. Áíáíðððéí ùé ðáííñ èèè ÿæáèðíð .....	44
6.5. Áèðááèè-áñèèè óááð .....	45
Áèááá 7. Èñðá-áíèá æèæéíðè èç ðáááðñðèè è ðáñáèíá .....	47
7.1. Èñðá-áíèá -áðáç ðáè ùá ðáááðñðèÿ á ððáíèá ððè ðíñðíÿííí ðáííðá .....	48
7.2. Èñðá-áíèá ððè ðáñíááððáííí ðæáðèè .....	50
7.3. Èñðá-áíèá -áðáç ðáñááèè ððè ðíñðíÿííí ðáííðá .....	51
7.4. Èñðá-áíèá ððè ðáðáíáííí ðáííðá (ðííðíæáíèá ðíñóáíá) .....	53
7.5. Áááèáíèá ðððé æèæéíðè ðá ðáðæááð ù èá ðááððííðè .....	55
7.6. Ðááèèè ðððé .....	56
7.7. Õððáóéáíðíð ðíðíèíá æèæéíðè á ðíæáðí ùð ððáíèáð .....	57
7.8. Èááèðáèèÿ .....	59
7.9. Ýððáèð òñèèáíèÿ ðí ùííðè ðá áùðíáá ðððé èç ðííèá á áíçáóø íóð ððáá .....	60
Áèááá 8. Ìíæáðí ùá ðáñáèè .....	62
8.1. Õñððíèðáá ùèÿ ðíèó-áíèÿ áçáíáù è æèæéíðí ùð ðððé .....	62
8.2. Áèáù ðíæáðí ùð ðáñáèíá .....	64
<b>×ÀÑÕÛ 3. Ááèèèèèèá ðððé</b> .....	<b>69</b>
Áèááá 1. Ìíííáí ááèèèèèèè .....	69
1.1. Íðáá ðð è çááá-è ááèèèèèèè. Õðááèðíðèÿ ðáèá è áá ÿèáí áíð ù .....	69
1.2. Ááèæáíèá ðáèá ðá ááèíðáèá ðèèù ðÿæáñèè .....	71
1.3. Ááèæáíèá ðáèá á áíçáóðá .....	73
1.4. Íá ù èá ðáíèíðáá ððááèðíðèè ðáèá á áíçáóðá .....	76

1.5. Í ì è í à è ü í ú à à à í ú à í í í à à à à í è þ ñ ð á í è à	77
1.6. Á è è ý í è à á à ð ð à í à í í è à ð ð ð è	78
1.7. Á è à ú è ý è à í á í ð ú ð ð à è ð ð è	78
Á è à à 2. Ò è ç è - à ñ è è à ð à ð à è ð ð è è è à í à ý í ú ð ñ ð ð è à ñ à í á í á í í í í è à ð à	80
2.1. Ò à ð à è ð ð è ñ ð è è è ñ ð ð è í à ð à ç è è - í ú ð ñ à à è ý ð í í è à ð à	80
2.2. Ò à ð à è ð ð è ñ ð è è è à í à ý í ú ð ñ ð ð è à ç à è ñ è í ñ ð è í ð à à à à è á í è ý.	81
2.3. Ò è ç è - à ñ è è à í í è à ç à ð à è è, à è è ý þ ù è à í à ð à ð à è ð ð è ñ ð è è è ñ ð ð è	82
Á è à à 3. Ñ í è í ø í ú à è ð à ñ í ú è à í í ú à à í à ý í ú à ñ ð ð è	83
3.1. Á à è è ñ ð è - à ñ è è à ð à ð à è ð ð è ñ ð è è è ñ í è í ø í ú ð è í ð ý í ú ð ð à ñ í ú è à í í ú ð ñ ð ð è	83
3.2. Á è è ý í è à í à í ð à è ð à ñ ð í à à í à à è ü í í ñ ð ú ñ ð ð è	85
3.3. Á è è ý í è à ó à è í à è è í í à í à à ù ñ ð ð è è à è à è ü í í ñ ð ú ñ ð ð è	85
3.4. Ð à ñ - à ð ç í í ú ý ð ð à è ð è á í í è í í à à - è ñ ð ð è	85
3.5. È í í à è ð í à ý - à ñ ð ú ñ ð ð è	88
3.6. Ð à ñ í ú è ý þ ù è à ñ ð ð è ñ è ç í á í ý à í ú í ó à è í ð ð à ñ à ñ í ú è á í è ý	91
Á è à à 4. Á à ð í à ð è - à ñ è í à í à à à à í è à ñ ð ð è í à í - à à ç à à í ð à í è ý	93
4.1. Í í ñ ð à í í à è à ç à à - è à è ý ð à ñ - à ð à ó à è í à à à à í è ý è ð ð à à è ð ð è ñ ð ð è	93
4.2. Í à à à à í è à ñ ð ð è à à è è æ í à è ç í í à.	95
4.3. Í à ð à í è - è ð à è ü í ú à í à ð à í à ð ð ú à è ý ñ ð ð è à ñ à à í à è è à è à è ü í à è ç í í à ð	95
Á è à à 5. Ð à ñ - à ð ð à à è ð ð è ñ ð ð è í í ý í í è ð è - à ñ è è í à à í í ú í	96
5.1. Í í è ó - á í è à ñ à ð è è è ç í á ð à æ á í è è ð ð à à è ð ð è ñ ð ð è	97
5.2. Í í ð à à à è á í è à ç í à - á í è è í à ð à í à ð ð í à à è ý ð à ñ - à ð à ð ð à à è ð ð è ñ ð ð è È Ñ	103
5.3. Ð à ñ - à ð í ú à ð ð à à è ð ð è ñ ð ð è È Ñ	105
5.4. Í í ð à à à è á í è à ó à è í à à à à í è ý í à ð à í í à à í ð ð í è ñ è í à ð è è	107
× <b>Á Ñ Õ Û 4. Jet Fog — è à ð à þ ù è à ð à ñ í ú è à í í ú à í à í à ð ð ø à ù è à à à ù à ñ ð à à</b>	<b>111</b>
Á è à à 1. Á í à à	111
1.1. Ò è ç è è í - ð è í è - à ñ è è à ñ à í è ñ ð à à à í à à ú	112
1.2. Ò í í è í ð à ñ í ú è à í í à ý à í à à	115
1.3. Á í à à à à à ç í í à ð à ç í í í (í à ð í í à ð à ç í í í) à à ð à à à ð í í í ñ í ñ ð í ý í è è	119
1.4. Ñ ð à à í è ð à è ü í ú è á í à è è ç è ç à à ñ ð í ú ð ñ í ñ í á í à ð ð ø á í è ý à í à í è	121
Á è à à 2. Í à í ú.	123
2.1. Ñ ð ð è ð ð ð à í à í ú	124
2.2. Í ñ í í à í ú à í í è à ç à ð à è è í à í ú	124
2.3. Í à í í à ð à ç í í à ð à è è	125
2.4. È à è í í è ó - à þ ð í à í ó	126
2.5. Ñ è ñ ð à í à ð ð ø á í è ý í í à è ð ð à í í à ð è - à ñ è í è í à í í è	127
2.6. Í à í à ð ð ø à ù è à ñ à í è ñ ð à à í à í	129
2.7. Í ñ í í à í ú à ð à ð à è ð ð è ñ ð è è í ð à - à ñ ð à à í í ú ð è ç à ð ð à à æ í ú ð í à í í à ð à ç í í à ð à è à è	129
Á è à à 3. Í à í à ð ð ø à ù è à í í ð í ø è è	133
Á è à à 4. Í ð è à æ à à þ ù è à í à í à ð ð ø à ù è à à à ù à ñ ð à à	134
Á è à à 5. Ð à ç à à à è ý þ ù è à í à í à ð ð ø à ù è à à à ù à ñ ð à à	136
Á è à à 6. Í à í à ð ð ø à ù è à ñ à à ñ ð à à è í à è á è ð ð þ ù à à í à à è ñ ð à è ý	137
Á è à à 7. Á ú à í ð í à í à ð ð ø à ù à à í à à ù à ñ ð à à, ñ í ñ í á à í í à è ð ð ð ð ø á í è ý è ð è í à	
ó ñ ð à í à è è í í à è ð ð ð ð ø á í è ý	139
7.1. Á ú à í ð í à í à ð ð ø à ù à à í à à ù à ñ ð à à	140
7.2. Á ú à í ð ñ í ñ í á à í í à è ð ð ð ð ø á í è ý	144
7.3. Á ú à í ð ð è í à ó ñ ð à í à è è í í à è ð ð ð ð ø á í è ý	146

<b>×ÀÑÒÙ 5. Ì íæàðíííàííííòù è ì íæàðííááçííííííòù á ðàí-áòàð ì íæàðííé áàðí ì àðèèè . . . . .</b>	<b>147</b>
Àèààà 1. Áíðáíèà . . . . .	148
1.1. Áíðþ-èà ñèíàí ù . . . . .	148
1.2. Ìðíòáííù áíðáíèý áàùáííà è ì íèàçàðàèè áíðáíèý . . . . .	149
1.3. Àèàù ìðíòáíííà áíðáíèý . . . . .	149
Àèààà 2. Ì íæàð . . . . .	150
2.1. Ìíííííùá òàèðíðù ì íæàðà . . . . .	150
2.2. Èèáííèðèèàðèý ì íæàðíá . . . . .	151
2.3. Çííí ì íæàðà . . . . .	151
2.4. Ñòàáèè ì íæàðà . . . . .	153
2.5. Õáíèíáíè ì íðíè . . . . .	154
2.6. Ìðáááèííá èçáíðí-ííá áàáèíèà . . . . .	156
2.7. Ì íèàçàðàèè ì íæàðííé íáððóçèè . . . . .	156
Àèààà 3. Ì íèàçàðàèè ì íæàðííé ì ííííííòè áàùáííà è ì àðàðèèíá . . . . .	158
3.1. Ìííííðííùá ì íèàçàðàèè ì íæàðííé ì ííííííòè áàùáííà è ì àðàðèèíá . . . . .	158
3.2. Áððííí ù áíðþ-áííè . . . . .	159
3.3. Áíííèàíáíýáí ìííù áíðþ-èð ñððíèðàèííù ò ì àðàðèèíá . . . . .	159
3.4. Ñèíðííòù ðàííðííòðáííèý ì èáííè ì ì ííáððíííòè . . . . .	159
3.5. Õáí ì áðàððà ñàí íáíííèàíáíèý . . . . .	160
Àèààà 4. Èàðáííèèè çáíèè, ñííððáííèè è ì ííáííèè ì í íæàðííé è áçðùáíííæàðííé ì ííííííòè . . . . .	160
4.1. Èàðáííèèè áçðùáíííæàðííé ì ííííííòè À . . . . .	161
4.2. Èàðáííèèè áçðùáíííæàðííé ì ííííííòè Á . . . . .	161
4.3. Èàðáííèèè ì íæàðíííííííòè Á1-Á4 . . . . .	161
Àèààà 5. Èèáííèðèèàðèý ì íæàðííííííííòè è áçðùáííííííííòè çíí . . . . .	162
5.1. Ì íæàðííííííííòè çíí . . . . .	162
5.2. Áçðùáííííííííòè çíí . . . . .	162
Àèààà 6. Èèáííèðèèàðèý ýæèððííáííððáííèè ì ì ííæàðííáçðùáííííííííòè . . . . .	163
6.1. Èèáííèðèèàðèý ì íæàðííáè ù è ùáíííáí ýæèððííáííððáííèè . . . . .	163
6.2. Èèáííèðèèàðèý áçðùáííèè ùáíííáí ýæèððííáííððáííèè . . . . .	164
Àèààà 7. Ì ðáááèííèà ðàí-áííèè ì ííííííòè ì ííííííòè . . . . .	165
Àèààà 8. Ì íæàðííááçííííííòù . . . . .	166
<b>×ÀÑÒÙ 6. Ðð-ííá ì íæàðííá ñòáíèù . . . . .</b>	<b>169</b>
Àèààà 1. Ìíííííííííííííòè ðð-ííá ì ííííííííííííííòè è ì ì ííðííííííííííííòè . . . . .	169
Àèààà 2. Óíèèáðííèèííííííííòè ðð-ííá ì ííííííííííííííòè . . . . .	173
Àèààà 3. Ðð-ííá ì ííííííííííííííòè è ì ííííííííííííííòè ðð-ííá ì ííííííííííííííòè . . . . .	175
3.1. Óíððííèííííííííííííòè ðð-ííá ì ííííííííííííííòè . . . . .	176
3.2. Ì ííííííííííííííòè è ðð-ííá ì ííííííííííííííòè . . . . .	176
3.3. Óíèèèèííííííííííííííòè è ðð-ííá ì ííííííííííííííòè . . . . .	177
Àèààà 4. Ðð-ííá ì ííííííííííííííòè ðð-ííá ì ííííííííííííííòè . . . . .	178
4.1. Óíððííèííííííííííííòè ðð-ííá ì ííííííííííííííòè . . . . .	179
4.2. Ì ííííííííííííííòè è ðð-ííá ì ííííííííííííííòè . . . . .	180
Àèààà 5. Ðð-ííé ñòáíèè ì ííííííííííííííòè ì ííííííííííííííòè . . . . .	181
5.1. Óíððííèííííííííííííòè ðð-ííá ì ííííííííííííííòè . . . . .	181

5.2. Ī īāāīōīāēā ē ðāāīōā ē ðāāīōā èçāāēēy	182
Āēāāā 6. Ī ðēīāīāīēā ðō-ī ūō ñōāīēīā ñ ēāðððēāēāī è èç ðāāðāīāī ñīā-ēāāðāēy	183
Āēāāā 7. ðō-ī ūā ñōāīē ūā āāçīāēēūēīñōī ūā	183
Āēāāā 8. ðō-ī ūā ñōāīē ūā ÒÐĀ āūñīēīāī āāāēāīēy	184
<b>×ĀÑŌŪ 7. Ī īāēāðī ūā ēāðāōī ūā ñōāīē ū</b>	<b>187</b>
Āēāāā 1. Īñīīāī ūā ðēī ū ēāðāōī ūō ñōāīēīā	188
1.1. Èāðāōī ūā ñōāīē ū ñī ñīēī ø ī ū ì è ñððōyī è	188
1.2. Èāðāōī ūā ñōāīē ū óīēāāðñāēūī ūā çāðōāāēīāī ĩðīēçāīāñōāā	188
Āēāāā 2. Èāðāōī ūā ñōāīē ū óīēāāðñāēūī ūā ðīññēēñēīāī ĩðīēçāīāñōāā	191
2.1. Īñīīāī ūā ēī ĩñðððēðēāī ūā ðāøāīēy ñīðāāīāī ūō ēāðāōī ūō ñōāīēīā	192
2.2. Èēāññēðēēāøēy ēāðāōī ūō ñōāīēīā	193
2.3. Ī īīāīēēāðōðā è ĩñīīāī ūā ðāðīē-āñēēā ðāðāēðāðēñðēēē āū ĩñēāāī ūō ēāðāōī ūō ñōāīēīā	195
Āēāāā 3. Èāðāōī ūā ñōāīē ū ñōāøēīīāðī ūā ñ ðō-ī ū ì óīðāāēāīēāī	195
Āēāāā 4. Èāðāōī ūā ñōāīē ū ñōāøēīīāðī ūā ñ āēñðāīøēīī ū ì óīðāāēāīēāī	201
4.1. Èāðāōī ūā ñōāīē ū ñ yēāēððī ĩðēāīāī ĩ	201
4.2. Èāðāōī ūā ñōāīē ū ñ āēāðī- è ĩīāāī ĩīðēāīāī ĩ	205
Āēāāā 5. Ī īāēāðī ūā ēāðāōī ūā ñōāīē ūā ĩāðāīñī ūā	206
5.1. Ī īāēāðī ūā ēāðāōī ūā ñōāīē ūā ĩāðāīñī ūā ñ ðō-ī ū ì óīðāāēāīēāī	207
5.2. Ī īāēāðī ūā ēāðāōī ūā ñōāīē ūā ĩāðāīñī ūā ñ āēñðāīøēīī ū ì óīðāāēāīēāī	208
5.3. Ī īāēāðī ūā ēāðāōī ūā ñōāīē ūā āūñððīñūāī ūā	208
Āēāāā 6. Ī īāēāðī ūā ēāðāōī ūā ñōāīē ūā āīçēī ūā	209
Āēāāā 7. Ī īāēāðī ūā ēāðāōī ūā ñōāīē ūā ñ āī ĩīēīēðāēūī ū ì è óñððīēñōāāī è	211
7.1. Ī īāēāðī ūā ēāðāōī ūā ñōāīē ūā ñ ĩñøēēyðīðāī è	211
7.2. Ī īāēāðī ūā ēāðāōī ūā ñōāīē ūā ñ yāēāēðēðð ĩ ū è ĩ è óñððīēñōāāī è	213
7.3. Ī īāēāðī ūā ēāðāōī ūā ñ āāðēāēððīðī ĩ ēīñēīē ñðððē	214
7.4. Ī īāēāðī ūā ēāðāōī ūā ñōāīē ūā ñ çā ù è ò ī ū ì yēðāīī ĩ	215
7.5. Ī īāēāðī ūā ēāðāōī ūā ñōāīē ūā ñ āāðī ĩ àðē-āñēēī ĩāñāāēī ĩ	216
7.6. Ī īāēāðī ūā ēāðāōī ūā ñōāīē ūā ñ è ĩ ĩøēūñī ū ì è ĩāñāāēāī è	217
Āēāāā 8. Ī īāēāðī ūā ēāðāōī ūā ñōāīē ūā āī āçðūāīçā ù è ùāīīī ēñīīēīāīēè	218
Āēāāā 9. Ī īāēāðī ūā ēāðāōī ūā ñōāīē ūā ĩīðīøēīā ūā	219
Āēāāā 10. Ī īāēāðī ūā ēāðāōī ūā ñōāīē ūā ĩā ððāīñīīððī ūō ñðāññōāāð	220
10.1. Ī īāēāðī ūā ēāðāōī ūā ñōāīē ūā ĩā āāðī ĩ āøēīāð	220
10.2. Èāñī ĩ īāēāðī ūē ððāēðīð	222
10.3. Ī īāēāðī ūā ðāīēè è āðīīāððāīñīīððāðū	223
10.4. Ī ðīðēāī ĩ īāēāðī ūā ēīðāāēè	224
Āēāāā 11. Ī īāēāðī ūā ēāðāōī ūā ñōāīē ūā ĩā āū øēāð	226
<b>×ĀÑŌŪ 8. Ī īāēāðī āy ðīāīðīðāðīēçā</b>	<b>227</b>
Āēāāā 1. Īñīīāī ūā ĩīīyðēy, ĩīðāāāēāīēy è ððāīāāīēy è ĩīāēāðī ū ì ðīāīðāī	229
1.1. ðāðīēī ū è ĩīðāāāēāīēy	230
Āēāāā 2. Èēāññēðēēāøēy è ðāðīē-āñēēā ðāðāēðāðēñðēēē ĩīāēāðī ūō ðīāīðīā è ÐÓĪ	235
2.1. Èēāññēðēēāøēy ĩīāēāðī ūō ðīāīðīā è ÐÓĪ	235
2.2. Īñīīāī ūā ðāðīē-āñēēā ðāðāēðāðēñðēēē ĩīāēāðī ūō ðīāīðīā	237
Āēāāā 3. Ī īīāīēēāðōðā āū ĩñēāāī ūō ĩīāēāðī ūō ðīāīðīā è ēī ĩīēāðēðīñðū ĩīñðāāēè	240
Āēāāā 4. Ī īāēāðī ūā ðīāīðū ñōāøēīīāðī ūā	243

4.1. Ì íæàðíúà ðíáíðù ñ ïðíáðàì ì íú ì óíðàáæáíéàì	244
4.2. Ì íæàðíúé ðíáíð ñ òñððíéñðàí ì íáíáððæáíéý çàáíðàíéý á ÈÈ-àèàíàçííá	245
4.3. Ì íæàðíúé ðíáíð ñ òñððíéñðàí ì íáíáððæáíéý çàáíðàíéý á ÈÈ-àèàíàçííá è ðàéáèàì áðíé	246
4.4. Ì íæàðíúé ðíáíð ñ 3-é ñðàíáíúð ïíááèæííñðè, ñ ïíáíðíðí ì óáíððà áðàùáíéý ñòáíéà ïí áíðèçííðàèè	247
4.5. Ì íæàðíúé ðíáíð ðàðíáíé ñ òñððíéñðàí ì ðáðíé-áñéíáí çðáíéý íà áàçà ðàéáèàì áðú	248
4.6. Ì íæàðíúé ðíáíð ðàðíáíé àíáðíéáíúé ñ ì àððè-íú ì ÈÈ-ààð-èèí ì è ðàéáèàì áðíé	249
4.7. Ì íæàðíúà ðíáíðù áçðúáíçàùè è ùáííúà	250
Àèààà 5. Ì íæàðíúà ðíáíðù ñ ïíááèæííé òñðàííáèíé	251
5.1. Ì íæàðíúà ðíáíðù ïáðáííííúà ááñàíðíúà	251
5.2. Ì íæàðíúà ðíáíðù íà ïíæàðíúð ì àðèíáð	252
5.3. Ì íæàðíúà ðíáíðù íà áú ðèáð	253
5.4. Ì íæàðíúà ðíáíðù íà áíéèèá	253
5.5. Ì íæàðíúé ðíáíð ì íáèèíúé íà áñáíé-íí ðíáð	254
Àèààà 6. Ðíáíðèçèðíááííúà òñðàííáèè ïíæàðíððøáíéý	255
6.1. Ñðàáíéðàèííúé áíáèèç ñèñðàì ààðííàðè-áñéíáí ïíæàðíððøáíéý	255
6.2. Íàçíà-áíéà ÐÓÍ	258
6.3. Ñíñðàà ÐÓÍ	258
6.4. Íàçíà-áíéà ñíñðàáíúð -áñðáé ÐÓÍ	258
6.5. Ííèñáíéà ðááíðù ÐÓÍ	260
<b>×ÀÑÒÛ 9. Çàùèðà íáúáèðíá ñ ïðèíáíáíéàì èàðáðíúð ñòáíéíá</b>	<b>263</b>
Àèààà 1. Ìíííáííúà ðáèííáíáàðèè ïí çàùèðà íáúáèðíá èàðáðíúè ñòáíéàìè	263
1.1. Ðàññðàííáèà èàðáðíúð ñòáíéíá	264
1.2. Óñðàííáèà è ïíáèèð-áíéà èàðáðíúð ñòáíéíá	267
1.3. Èàðáðíúà ñòáíéù ñ èñððàíðèíííú ì óíðàáæáíéàì äéý íáððæáíéé òñðàííáèè íáúáíðí ì ùðèáííúà	267
1.4. Èàðáðíúà ñòáíéù ñ èñððàíðèíííú ì óíðàáæáíéàì äéý áçðúáíííáííúð çíí	267
1.5. Èàðáðíúà ñòáíéù äéý áçðúáíííáííúð çíí ñ èñððàíðèíííú ì óíðàáæáíéàì èç óàèèáííé íááçðúáíííáííé çííú	268
1.6. Íóèùð óíðàáæáíéý èàðáðíú ñòáíéí ñ èñððàíðèíííú ì óíðàáæáíéàì	270
Àèààà 2. Áíáíííááæáíéà	271
2.1. Òððáííðíáíú áíáíííááæáíéý	271
2.2. Íáíííáíú áíáíííááæáíéý	271
2.3. Àèáðáèè-áñéèè ðàñ-àð áíáíííáííá	272
Àèààà 3. Òèííáúà ïðíáèðíúà ðáøáíéý ïí ïðèíáíáíéð ÈÑ äéý çàùèðù íáúáèðíá	273
3.1. Èðàðèáý òàðàèðáðèñðèèà çàùèðàì íáí íáúáèðà	275
3.2. Ìðíáèðíúà ðáøáíéý ïí ðáðííéíáèè ïíæàðíððøáíéý	275
3.3. Ìðíáèðíúà ðáøáíéý ïí ýáèèððíðáðíé-áñéíé -áñðè	276
3.4. Ìðèíðèí ðááíðù	278
Àèààà 4. Ààðííàðè-áñéèà òñðàííáèè ïíæàðíððøáíéý íà áàçà èàðáðíúð ñòáíéíá ñ ñíðèèèýðíðàìè	280
4.1. Íàçíà-áíéà è íáèàñù ïðèíáíáíéý	280
4.2. Ñíñðàà ÀÓÍ-ÈÑí	281

4.3. Ìðeíðeí ðaáíðu ÁÓÏ-ËÑí . . . . .	281
4.4. Ìñíááííñðe ðíáeðeðíááíey ÁÓÏ-ËÑí . . . . .	282
Äeááá 5. Ìðíáeðíúá ðáðáíey íí ðeíáíáíeð ÁÓÏ-ËÑí äey äðóíí íáííðíáíúð íáúáeðíá . . . . .	282
5.1. ÁÓÏ-ËÑí íá çàùeðá ðáäeäæíúð ñeëááíá . . . . .	282
5.2. ÁÓÏ-ËÑí íá çàùeðá íóíeðá yeeíeðíáeäe ðáíeíáíçíá á Ö×-Äeáeäy (ä. Êíñðííà) . . . . .	285
5.3. ÁÓÏ-ËÑí íá çàùeðá íáúáeðíá yíáðáäeäe . . . . .	287
5.4. ÁÓÏ-ËÑí ñ óñðáííáeáí e áíáíñíááæáíey ÓÍÁÖ «Ñíðç» íá çàùeðá íàíyðíeéíá äáðáayíííáí çíä-áñðáá . . . . .	290
<b>×ÄÑÖÙ 10. Çàùeðá íáúáeðíá ñ ðeíáíáíeáí ðíáíðeçeðíááííúð óñðáííáíe ííæaðíðóðáíey . . . . .</b>	<b>291</b>
Äeááá 1. Êeáññeðeäeäey e ðáááíááíey e óñðáííáeáí ííæaðíðóðáíey . . . . .	292
1.1. Êeáññeðeäeäey óñðáííáíe ííæaðíðóðáíey . . . . .	292
1.2. Íáúeá ðáááíááíey e óñðáííáeáí ííæaðíðóðáíey . . . . .	292
1.3. Íáçíá-áíeá ááðííáðe-áñeðe óñðáííáíe ííæaðíðóðáíey . . . . .	293
1.4. Òðááíááíey e ñeñóáíáí ááðííáðe-áñeíáí ííæaðíðóðáíey . . . . .	293
Äeááá 2. Ðáeííáíááðeé íí ðíáeðeðíááíeð ÐÓÏ . . . . .	294
2.1. Òáóíe-áñeéá íeçáðáeé ÐÓÏ, ðáeííáíáóáí úá äey ó-áðá ðe ðíáeðeðíááíeð . . . . .	294
2.2. Ííðíáðeáíúá e ðáóíe-áñeéá áíeóíáíóú íí ðíáeðeðíááíeð ÐÓÏ . . . . .	296
Äeááá 3. Òáóíe-áñeéá ðáááíááíey íí ðíáeðeðíááíeð ÐÓÏ . . . . .	297
3.1. Òáóíe-áñeéá ðáááíááíey e ÐÓÏ . . . . .	297
3.2. Òáóíe-áñeéá ðáááíááíey e ííæaðííe ñeáíáeçáðeé ÐÓÏ . . . . .	300
3.3. Äeáíðeòí ðáñ-áðá íáðáíáððíá ÐÓÏ . . . . .	300
Äeááá 4. Ìðíáeðíúá ðáðáíey íí ðeíáíáíeð ÐÓÏ äey äðóíí íáííðíáíúð íáúáeðíá . . . . .	301
4.1. Çàùeðá áíááðíá äey ñáííeáðíá . . . . .	302
4.2. Çàùeðá áíçáóóíííðíúð ñííðóæáíeé . . . . .	306
4.3. Çàùeðá íáúáeðíá yíáðáäeäe (ÄÝÑ, ÕÝÖ, ÄÝÑ) . . . . .	309
4.4. Çàùeðá íáúáeðíá íáðóyííe e äáçíáíe ðíííúðeáííñðe . . . . .	313
4.5. Çàùeðá áçðúáíííáííúð ðíeçáíáñðá e ñííðóæáíeé . . . . .	315
4.6. Çàùeðá eííóáððíúð çáeíá e çðáeéúíúð íáñð ñ íáñííáúí íðááúááíeáí eðpáe . . . . .	318
4.7. Õeíe-áñeäy ðíííúðeáííñðú . . . . .	321
4.8. Çàùeðá ñííðeáííúð ñííðóæáíeé . . . . .	323
4.9. Çàùeðá íàíyðíeéíá äáðáayíííáí çíä-áñðáá . . . . .	324
4.10. Çàùeðá ñíeððíððáíeéè . . . . .	326
4.11. Çàùeðá ðíííáeáe ííæaðííúíe ðíáíðáíe íá áíeëááð . . . . .	328
4.12. Çàùeðá ðáäeäæíúð ñeëááíá ííæaðííúíe ðíáíðáíe íá áíeëááð . . . . .	332
4.13. Ðíáíðeçeðíááííúá íððáííííæaðííúá óñðáííáeé íá ñóááð äáeuíááííeááíey . . . . .	333
4.14. Çàùeðá íáúáeðíá äáðáííáðááðúááð úáe ðíííúðeáííñðe . . . . .	334
4.15. Çàùeðá äáððíeáðíúð íeíúááíe . . . . .	336
4.16. Áóíááíáäeäeäeúííá ðíeçáíáñðáí . . . . .	339
4.17. Ìáðáeéðáe-áñeäy ðíííúðeáííñðú . . . . .	340
Äeááá 5. Íáúáy íóáíeá ðáçáeðey ííáúð ðáðííeíáeé ííæaðíðóðáíey íá ááçá ííæaðííúð ðíáíðíá . . . . .	341
Ñííeíe eèðáðáðóðú . . . . .	342

*Горбань Юрий Иванович*

**ПОЖАРНЫЕ РОБОТЫ И СТВОЛЬНАЯ ТЕХНИКА  
В ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКЕ  
И ПОЖАРНОЙ ОХРАНЕ**

*Подготовка оригинал-макета  
Л.В. Крылова*

---

Ï íã òñàíí á íã-àòü 23.04.2013.	Ó ð ì à ò 70×100/16.	Á ó ì à à à í ò ñ à ò í à ÿ.
Ï á-àòü í ò ñ à ò í à ÿ.	Ó ñ ÷.-í á ÷. ÷. 28,6	Ò ÷ ð à æ      ý ê ç.      Ç à è à ç _____

---

Í Í Í «Ë ç à à ò à è ü ñ ò á í « Í í æ í à ó è à »  
121352, á. Í ñ è à à, à / ý 43  
Ò à è. / ò à è ñ: (495) 735-28-13  
E-mail: info@fire-smi.ru, mail@firepress.ru

Í ò ì á-à ò à í í  
á Í Í Í «Ò è í í à ð à ò è ý Í í í á í ò »  
141406, Í ñ è í à ñ è à ý í à è., á. Ò è ì è è,  
ó è. Á è á è è ì ò à-í à ÿ, 11

