

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ  
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

Академия Государственной противопожарной службы

Н. С. Артемьев, А. В. Подгрушный, Н. Я. Трифонов,  
А. Н. Григорьев

## ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА

Задачник

Под общей редакцией  
*М. М. Верзилина*

Допущено Министерством Российской Федерации  
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям  
и ликвидации последствий стихийных бедствий  
в качестве учебного пособия для курсантов, студентов и слушателей  
для высших образовательных учреждений МЧС России

Москва 2012

УДК 614.8(076.1)  
ББК 38.96я73  
П46

Рецензенты:  
Доктор технических наук, профессор  
*Е. А. Мешалкин*

Начальник отдела организации тушения пожаров и проведения  
аварийно-спасательных работ ДПСС МЧС России  
*А. Е. Богданов*

**Пожарная тактика : задачник** / Н. С. Артемьев, А. В. Подгрушный,  
П46 Н. Я. Трифонов, А. Н. Григорьев ; под общ. ред. М. М. Верзилина. – М. :  
Академия ГПС МЧС России, 2012. – 322 с.

ISBN 978-5-9229-0054-6

Задачник соответствует требованиям Государственного образовательного стандарта по дисциплине «Пожарная тактика» для специальности 280104.65 – «Пожарная безопасность», в том числе осуществляется взаимосвязь с дисциплинами «Пожарная техника» и «Гидравлика». В настоящем издании разбираются инженерные обоснования для принятия управленческих решений на тушение пожаров и проведение аварийно-спасательных работ, а также расчеты требуемых сил и средств тушения пожаров в ограждениях и на открытом пространстве. Рассмотрен порядок расчетов характерных схем подачи огнетушащих веществ к месту пожара от основных пожарных автомобилей, приведены примеры обоснования оперативно-тактических действий пожарных подразделений на пожарах.

Книга написана в соответствии с учебной программой по дисциплине «Пожарная тактика» для высших учебных заведений МЧС России пожарно-технического профиля и предназначена для курсантов и слушателей этих учебных заведений. Издание может быть полезным студентам и аспирантам высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Пожарная безопасность», практическим работникам пожарной охраны как при предварительном планировании оперативно-тактических действий пожарных подразделений, так и при изучении и разборе пожаров.

Для каждой главы подобраны практические примеры решенных задач, включены расчетные задачи для самостоятельного решения и вопросы для самоконтроля знаний.

УДК 614.8(076.1)  
ББК 38.96я73

ISBN 978-5-9229-0054-6

© Академия Государственной противопожарной  
службы МЧС России, 2012

## Введение

Тактическая подготовка начальствующего состава пожарной охраны предполагает разнообразие форм и методов. Высшей формой этой подготовки являются: учения командно-штабные и пожарно-тактические на объектах и в организациях, а также деловые игры. Все они включают расчеты сил и средств для инженерного обоснования тактического замысла проведения пожарно-тактического учения, решения пожарно-тактической задачи и тушения различных видов пожаров.

Успех тушения пожара во многом зависит от действий РТП-1. Правильность оценки обстановки и действий РТП-1 проверяет второй руководитель тушения пожара (РТП-2), который исправляет допущенные ранее ошибки. При проведении вышеназванных операций с начсоставом пожарной охраны всегда осуществляется оценка действий первого и последующих РТП, которая невозможна без знания методик проведения расчетов требуемого количества сил и средств пожарной охраны на различных этапах тушения пожаров.

Все тактические замыслы руководителей различных видов пожарно-тактических учений и занятий основываются на предварительном планировании параметров развития и тушения моделируемых пожаров. Без прогноза параметров пожара невозможно определить требуемое количество отделений на пожарных автомобилях различного назначения для проведения работ по спасанию людей и ликвидации пожара.

Сосредоточение и введение на локализацию пожара требуемого количества сил и средств в минимальное время определяется расчетом, который производится при разработке планов тушения пожаров.

Проверочный расчет требуемого количества сил и средств, необходимых для тушения пожара в реальных условиях, осуществляется начальником штаба пожаротушения, который организуется на месте проведения работ по спасанию людей и тушению пожара.

Научно-технический прогресс в промышленной сфере и строительстве, как и информационный технический прорыв, требуют новых подходов к тактике тушения пожаров на различных объектах. Так, возведение высотных зданий в крупных городах ставит перед пожарной охраной проблемы доставки огнетушащих веществ в необходимых количествах на большие высоты, а также спасания людей за короткий промежуток времени с верхних этажей зданий. Решение этих проблем невозможно без разработки расчетных методик по прогнозированию времени проведения спасательных операций и ликвидации пожара.

Незнание РТП методов определения требуемого количества сил и средств пожарной охраны для спасания людей, локализации и ликвидации пожаров

может привести к тяжелым последствиям и к гибели людей, поэтому так важна разносторонняя тактическая подготовка начсостава пожарной охраны.

В высших учебных заведениях пожарно-технического профиля для подготовки инженеров и специалистов пожарной безопасности, бакалавров и магистров в области техносферной безопасности проводятся занятия по решению пожарно-тактических задач в аудитории и на местности. Этот вид занятий позволяет подробно изучить существующие методики расчета требуемого количества сил и средств для тушения различных видов пожаров.

Таким образом, методы решения различных видов пожарно-тактических задач являются основой подготовки руководителей тушения пожаров, начальников штабов пожаротушения, начальников тыла и других категорий оперативных работников пожарной охраны.

Полезным будет данный задачник практическим работникам, занимающимся вопросами разработки проектной документации, в проектной части которой, в частности, должны быть:

- описание организационно-технических мероприятий системы обеспечения пожарной безопасности объекта капитального строительства;
- описание и обоснование проектных решений наружного противопожарного водоснабжения, генерального плана;
- описание и обоснование проектных решений по обеспечению безопасности людей при возникновении пожара;
- перечень мероприятий по обеспечению безопасности подразделений пожарной охраны при ликвидации пожара;
- описание организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта капитального строительства;
- расчет пожарных рисков угрозы жизни и здоровью людей и уничтожения имущества.

# Глава 1. Методика расчетов параметров работы пожарной техники при тушении пожаров

## 1.1. Забор воды из водоисточников

Расход воды, л/с, из кольцевого противопожарного водопровода определяется по формуле

$$Q_{\text{вод}} = (V_{\text{вод}} d_{\text{т}})^2, \quad (1.1)$$

где  $V_{\text{вод}}$  – скорость движения воды по трубам водопровода, равная 1–2 м/с (при  $H = 10\text{--}50$  м вод. ст.);  $d_{\text{т}}$  – диаметр труб, дюйм (1 дюйм = 25,4 мм).

Пример 1.1. Определите расход воды из кольцевого противопожарного водопровода диаметром  $d_{\text{пр.вод}} 200$  мм при давлении в сети 0,3 МПа.

Решение

1. Рассчитаем диаметр водопровода (в дюймах):

$$d_{\text{вод (в дюймах)}} = \frac{d}{25,4} = \frac{200}{25,4} = 8 \text{ д.}, \quad (1.2)$$

где  $d$  – диаметр водопровода, мм.

2. Определим расход воды из противопожарного водопровода по формуле

$$Q_{\text{вод}} = (V_{\text{вод}} d_{\text{вод (в дюймах)}})^2 = (1,3 \cdot 8)^2 = 109 \text{ л/с.}$$

При испытании сети на водоотдачу расход воды, л/с, через пожарную колонку можно определить по формуле

$$Q_{\text{ПК}} = P_{\text{ПК}} \sqrt{H_{\text{в}}}, \quad (1.3)$$

где  $H_{\text{в}}$  – напор в сети водопровода, м вод. ст.;  $P_{\text{ПК}}$  – проводимость пожарной колонки (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Проводимость пожарной колонки

| Количество открытых патрубков | Диаметр патрубков, мм | Величина проводимости |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1                             | 65                    | 2,7                   |
| 1                             | 77                    | 4,1                   |
| 2                             | 65                    | 5,3                   |

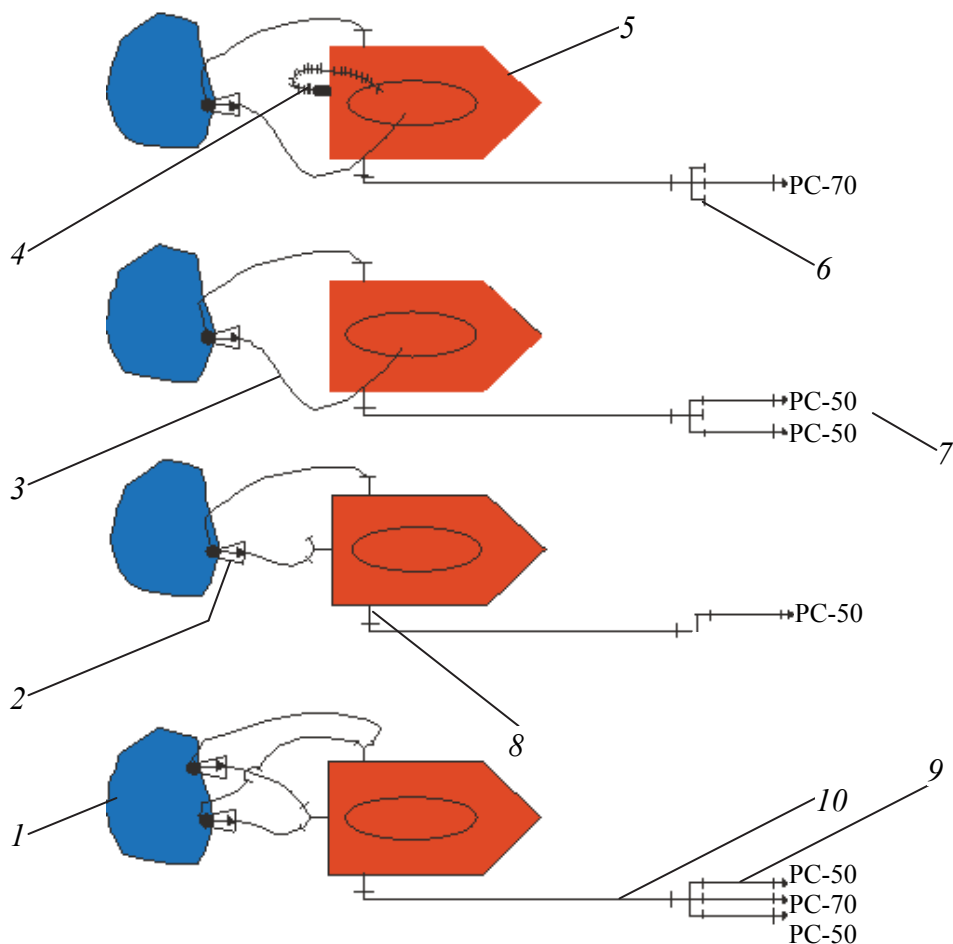


Рис. 1.1. Схемы забора воды гидроэлеваторными системами:

- 1 – естественный водоем; 2 – гидроэлеватор; 3 – гидроэлеваторная система;  
 4 – напорно-всасывающий рукав;  
 5 – автоцистерны; 6 – разветвления;  
 7 – ручные стволы (РС-70; РС-50); 8 – напорный патрубок автоцистерны;  
 9 – рабочая линия; 10 – магистральная линия

Пример 1.2. Какой будет расход воды пожарной колонки через два ее патрубка, если диаметр каждого патрубка  $d_{п.ПК}$  составляет 65 мм, пожарная колонка установлена на противопожарный кольцевой водопровод диаметром  $d_{пр.вод}$  150 мм и давлением  $P$  0,4 МПа?

Решение. Рассчитаем расход воды через пожарную колонку, установленную на кольцевой противопожарный водопровод (по табл. 1.1 величина проводимости равна 5,3), по формуле

$$Q_{ПК} = P_{ПК} \sqrt{H_v} = 5,3 \sqrt{40} = 33,3 \text{ л/с.}$$

Для забора воды из естественных водоисточников, имеющих неблагоприятные условия для подъезда к ним АП (крутые или заболоченные берега), можно использовать гидроэлеваторы типа Г-600 (Г-600А). Они применяются для забора воды из открытых водоисточников при высоте подъема

до 20 м или расположенных на расстоянии до 100 м. Гидроэлеватор позволяет забирать воду АЦ при толщине слоя воды не менее 0,05 м. Схемы забора воды гидроэлеваторными системами показаны на рис. 1.1. Величина напоров на насосах АЦ (АЦ) при работе с гидроэлеваторами Г-600 указана в табл. 1.2.

Таблица 1.2

**Напор на насосе при заборе воды гидроэлеватором  
и работе стволов, м вод. ст.**

| Высота подъема воды, м | Один ствол РС-70 или три ствола РС-50 | Два ствола РС-50 | Один ствол РС-50 |
|------------------------|---------------------------------------|------------------|------------------|
| 10                     | 70                                    | 48               | 35               |
| 12                     | 78                                    | 55               | 40               |
| 14                     | 86                                    | 62               | 45               |
| 16                     | 95                                    | 70               | 50               |
| 18                     | 105                                   | 80               | 58               |
| 20                     | 116                                   | 90               | 66               |

Для проверки возможности приведения в работу гидроэлеваторной системы необходимо иметь определенный запас воды в емкости АЦ.

Количество воды, л, необходимое для запуска в работу гидроэлеваторной системы, определяется по формуле

$$W_{ГС} = K_{з.в} (W_{в.п} + W_{в.от}), \quad (1.4)$$

где  $K_{з.в}$  – коэффициент запаса воды для одногидроэлеваторной системы, равный двум, а для двухгидроэлеваторной системы – 1,5;  $W_{в.п}$ ,  $W_{в.от}$  – соответственно, объемы воды в подводящих и отводящих от гидроэлеватора рукавных линиях, л.

Определив величину  $W_{ГС}$  по формуле (1.4) и сравнив ее с емкостью АЦ, получим вывод о возможности запуска в работу ГС.

Далее определяется возможность совместной работы насоса пожарной АЦ с ГС подачи воды.

Для этих целей служит коэффициент использования насоса  $K_{и}$ , который определяется соотношением расхода воды ГС  $Q_{сист}$  к подаче насоса  $Q_{н}$  при рабочем напоре. Совместная работа насоса АЦ и ГС возможна, если  $K_{и}$  меньше единицы:

$$K_{и} = \frac{Q_{сист}}{Q_{н}}, \quad (1.5)$$

где  $Q_{сист}$  – расход воды ГС, л/с, который определяется по формуле

$$Q_{сист} = N_{г} (Q_1 + Q_2), \quad (1.6)$$

где  $N_r$  – количество гидроэлеваторов в системе, шт.;  $Q_1$  – рабочий расход воды одного гидроэлеватора, л/с;  $Q_2$  – подача одного гидроэлеватора, л/с;  $Q_n$  – подача насоса, л/с.

При заборе воды одним гидроэлеватором Г-600 (Г-600А) и обеспечении работы водяных стволов напор на насосе (при длине рукавной линии, диаметром  $d_{р.л}$  77 мм от автомобиля до гидроэлеватора – не более 30 м) определяется по табл. 1.2, если длина рукавных линий превышает 30 м, то необходимо учитывать дополнительные потери напора в рукавной линии  $h_{р.л}$ , высоту от уровня воды до оси насоса или уровня горловины цистерны  $Z_{под}$ , определив условную высоту подъема воды по формуле

$$Z_{усл} = Z_{под} + n_p S_p Q^2. \quad (1.7)$$

По величине  $Z_{усл}$  и табл. 1.2 определяется требуемый напор на насосе АЦ для обеспечения работы ГС.

Предельное расстояние, м, на которое АЦ обеспечит работу определенного количества стволов, определяется по формуле

$$L_{max} = [H_n - (H_{ств} + Z_{под} + Z_{ств})] \frac{20}{S_p Q^2}, \quad (1.8)$$

где  $H_n$  – напор на насосе, определенный для данной гидроэлеваторной схемы по табл. 1.2, м вод. ст.;  $H_{ств}$  – напор у стволов, необходимый для их нормальной работы, м вод. ст.;  $Z_{под}$  – подъем местности от гидроэлеватора до оси насоса или горловины цистерны, м;  $Z_{ств}$  – высота подъема ствола, м.

Необходимое количество пожарных рукавов для данной схемы забора воды и подачи стволов определяется по формуле

$$N_p = N_{р.сист} + N_{р.м.л}, \quad (1.9)$$

где  $N_{р.сист}$  – количество пожарных рукавов, необходимых для работы ГС, шт.;  $N_{р.м.л}$  – количество пожарных рукавов в магистральной линии, шт.

**Пример 1.3.** На тушение пожара необходимо подать три ствола РС-50 на крышу дома с высотой подъема  $Z_{ств}$  7 м. Расстояние от разветвления до АЦ  $L_b$  составляет 200 м, подъем местности  $Z_m$  равен 6 м. Подъезд АЦ до водоисточника возможен на расстояние не ближе  $L_b$  60 м, а расстояние от поверхности воды до оси насоса составляет  $Z_{под}$  8 м.

Определите схему развертывания, требуемый напор на насосе АЦ для подачи требуемого количества и типа стволов на тушение и необходимое количество рукавов.

#### Решение

1. Принимаем следующую схему забора воды гидроэлеватором (рис. 1.2):



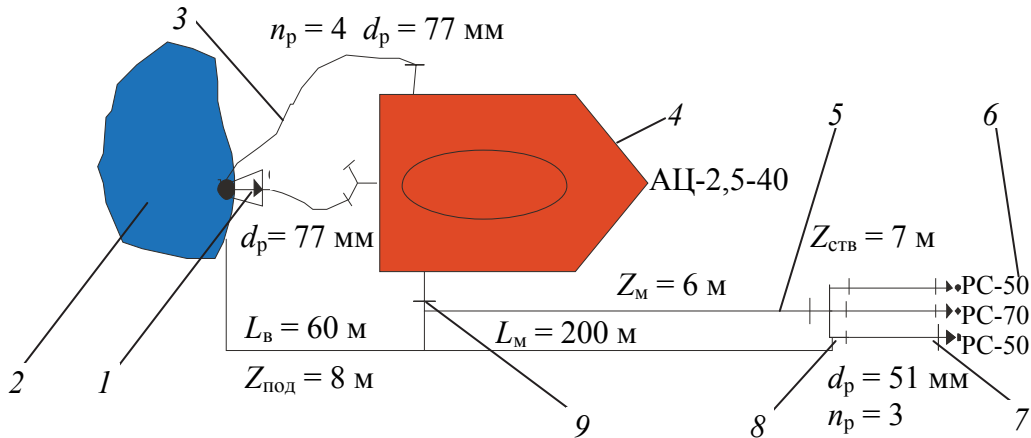


Рис. 1.2. Схема забора воды гидроэлеватором с подачей стволов:

1 – гидроэлеватор; 2 – естественный водоем; 3 – рукавные линии гидроэлеваторной системы;  
 4 – автоцистерна; 5 – магистральная линия; 6 – ручные стволы РС-50; 7 – рабочая линия;  
 8 – разветвление; 9 – напорный патрубок автоцистерны;  $n_p$  – количество рукавов;  $d_p$  – диаметр рукавов;  
 $Z_{ств}$  – высота подъема ствола;  $Z_{под}$  – подъем местности от гидроэлеватора до оси насоса;  
 $L_B$  – расстояние от водоема до автоцистерны;  $L_M$  – расстояние от цистерны до разветвления

2. Количество рукавов, проложенных к гидроэлеватору с учетом неровности местности, можно найти по формуле

$$n_{p1} = \frac{1,2(L_B + Z_{под})}{L_p} = \frac{1,2(60 + 8)}{20} = 4,1, \quad (1.9a)$$

где  $L_p = 20$  м – длина пожарного рукава, м.

Принимаем четыре рукава от АЦ к гидроэлеватору  $n_{p1} = 4$  и столько же обратно  $n_{p2} = 4$ .

3. Узнаем требуемый объем воды для запуска ГС в работу по формуле

$$W_{ГС} = K_{з.в} (W_{в.п} + W_{в.от}) = 2(n_{p1} W_{p1} + n_{p2} W_{p2}) = 2(4 \cdot 90 + 4 \cdot 90) = 1440 \text{ л.}$$

Запас воды у АЦ-2,5-40 составляет 2 500 л (больше 1 440 л) и достаточно для запуска ГС в работу.

4. Определим возможность совместной работы ГС и насоса АЦ (из технической характеристики Г-600 –  $Q_1 = 9,1$  л/с,  $Q_2 = 10$  л/с):

$$K_{и} = \frac{Q_{сист}}{Q_{н}} = \frac{19,1}{40} = 0,48 < 1;$$

$$Q_{сист} = N_{г} (Q_1 + Q_2) = 1(9,1 + 10) = 19,1 \text{ л/с.}$$

Таким образом, работа системы при данной схеме забора воды будет устойчивой.

5. Рассчитаем требуемый напор на насосе АЦ для забора воды из водоема гидроэлеватором Г-600: так как длина рукавной линии от автомобиля к гидроэлеватору превышает 30 м, то условная высота подъема воды определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{усл}} = Z_{\text{под}} + n_p S_p Q^2 = 8 + 4 \cdot 0,015 \cdot 9,1^2 + 4 \cdot 0,015 \cdot 10^2 = 8 + 5 + 6 = 19 \text{ м.}$$

По табл. 1.2 находим, что требуемый напор на насосе АЦ равен 110 м, а возможный напор на насосе – 100 м, следовательно, система не обеспечит работу трех стволов РС-50. Необходимо уменьшить количество подаваемых стволов до двух.

В этом случае, с учетом высоты подъема воды, по табл. 1.2 определяем, что требуемый напор на насосе равен 85 м вод. ст.

6. Вычисляем предельное расстояние при подаче от АЦ двух стволов РС-50:

$$L_{\text{max}} = \left[ H_{\text{н}} - (H_{\text{ств}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{ств}}) \right] \frac{20}{S_p Q^2} = \left[ 85 - (40 + 6 + 7) \right] \frac{20}{0,015 \cdot 7^2} = 480 \text{ м.}$$

Результат показывает, что насос обеспечит устойчивую работу двух стволов РС-50.

7. Необходимое количество пожарных рукавов для обеспечения работы напорно-рукавной системы будет равно:

$$N_p = N_{\text{р.сист}} + N_{\text{р.м.л}} = N_{\text{р.сист}} + \frac{1,2L_{\text{м}}}{20} = 8 + \frac{1,2 \cdot 200}{20} = 20 \text{ шт.}$$

Полученный результат говорит о том, что вывозимых на АЦ пожарных рукавов диаметром  $d_{\text{п.р}}$  77 мм недостаточно для сборки, согласно решению примера 1.3.

Для определения расхода воды в небольшой реке, где будет строиться пирс для АП или запруда, надо знать среднюю скорость течения воды, м/с, которая на карте указывается в виде числа над стрелкой, обозначающей направление течения реки. Ширина и глубина реки приводятся в виде дроби: числитель – ширина, м, а знаменатель – глубина реки, м.

Поперечное сечение реки представляет собой вид трапеции, поэтому площадь этого сечения,  $\text{м}^2$ , определяется по формуле

$$S_{\text{реки}} = \frac{a + b}{2} h_{\text{реки}}, \quad (1.10)$$

где  $a$  – ширина реки по верху воды, м;  $b$  – ширина реки по дну, м ( $b = 0,7a$ );  $h_{\text{реки}}$  – глубина реки, м.

Расход воды в реке,  $\text{м}^3/\text{с}$ , определяется по формуле

$$Q_{\text{реки}} = S_{\text{реки}} V_{\text{вод}}^{\text{ср}}, \quad (1.11)$$

где  $V_{\text{вод}}^{\text{ср}}$  – средняя скорость течения воды в реке, м/с.

Пример 1.4. Определите расход воды в реке, если ее ширина по поверхности воды 4 м, а по дну – 3 м, глубина 0,5 м. Скорость течения воды в реке равна 0,6 м/с.

Решение

1. Найдем площадь поперечного сечения реки по формуле

$$S_{\text{реки}} = \frac{a+b}{2} h_{\text{реки}} = \frac{3+4}{2} 0,6 = 2,1 \text{ м}^2.$$

2. Вычислим расход воды в реке, который можно использовать при тушении пожара, по формуле

$$Q_{\text{реки}} = V_{\text{вод}}^{\text{ср}} S_{\text{реки}} = 2,1 \cdot 0,6 = 1,26 \text{ м}^3/\text{с}.$$

## 1.2. Расчет работы насосно-рукавных систем при подаче водяных стволов

Первый прибывший к месту пожара караул в большинстве случаев состоит из двух отделений на АЦ. Чаще всего от емкости первой АЦ подается ствол РС-50 на тушение пожара или защиту. В этом случае требуемый напор, м вод. ст., на насосе пожарной АЦ можно рассчитать по формулам:

– если от емкости АЦ подается ствол РС-50 с рукавной линией диаметром  $d_{\text{р.л}}$  51 мм, в таком случае

$$H_{\text{н}} = n_{\text{р.л}} S_{\text{р.л}} Q_{\text{ств}}^2 + H_{\text{ств}}, \quad (1.12)$$

где  $n_{\text{р.л}}$  – количество рукавов в рабочей линии, шт.;  $S_{\text{р.л}}$  – сопротивление одного рукава рабочей линии,  $(\text{с/л})^2 \text{ м}$ ;  $Q_{\text{ств}}$  – расход воды из ствола РС-50, л/с;  $H_{\text{ств}}$  – требуемый напор на насадке ствола, м вод. ст.;

– если от емкости АЦ подается ствол РС-50 на определенную высоту (этаж, кровлю и т. п.)  $Z_{\text{ств}}$ , тогда

$$H_{\text{н}} = n_{\text{р.л}} S_{\text{р.л}} Q_{\text{ств}}^2 + Z_{\text{ств}} + H_{\text{ств}}; \quad (1.13)$$

– если от емкости АЦ подается ствол РС-50 на определенную высоту  $Z_{\text{ств}}$  и по рельефу местности вверх, в этом случае

$$H_{\text{н}} = n_{\text{р.л}} S_{\text{р.л}} Q_{\text{ств}}^2 + Z_{\text{ств}} + Z_{\text{м}} + H_{\text{ств}}, \quad (1.14)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – высота подъема местности от АЦ до ствола на земле, м.

Если АЦ устанавливается на водоисточник и от нее прокладываются магистральная и рабочая линии к стволу через разветвление, тогда

$$H_{\text{н}} = n_{\text{м.л}} S_{\text{м.л}} Q_{\text{м.л}}^2 + n_{\text{р.л}} S_{\text{р.л}} Q_{\text{р.л}}^2 + Z_{\text{ств}} + Z_{\text{м}} + H_{\text{ств}}, \quad (1.15)$$

где  $n_{м.л}$  – количество рукавов в магистральной линии, шт., определяется по формуле

$$n_{м.л} = \frac{1,2L_M}{\ell_{р.м.л}}, \quad (1.15a)$$

где  $L_M$  – расстояние от АЦ до разветвления, м;  $\ell_{р.м.л}$  – длина одного рукава магистральной линии, м;  $Q_{м.л}$  – расход воды, идущей по магистральной линии, равный сумме расходов стволов поданных от этой линии, л/с;  $Q_{р.л}$  – расход воды в рабочей линии, который определяется по наибольшему расходу ствола в этой схеме подачи воды, л/с.

Предельное расстояние, м, на которое можно подать стволы от головного автомобиля и обеспечить их нормальную работу, определяется по формуле

$$L_{max} = \frac{(H_H^{max} - n_{р.л} S_{р.л} Q_{р.л}^2 - Z_{ств} - Z_M - H_{ств}) 20}{1,2 S_{м.л} Q_{м.л}^2}, \quad (1.16)$$

где  $H_H^{max}$  – максимальный напор на насосе АП, м вод. ст.

При тушении пожаров больших площадей и в некоторых других случаях для ликвидации горения и защиты конструкций зданий, установок подаются лафетные стволы. От АП, установленного на водоисточник, может прокладываться разное количество рукавных линий, и тогда требуемый напор, м вод. ст., будет определяться по формулам:

– одна рабочая линия, идущая к стволу от автомобиля, установленного на водоисточник, тогда

$$H_H = n_{р.л} S_{р.л} Q_{р.л}^2 + Z_{ств} + Z_M + H_{ств}; \quad (1.17)$$

– две рабочие линии, проложенные к стволу от автомобиля, установленного на водоисточник, в таком случае

$$H_H = n_{р.л} S_{р.л} \frac{Q_{р.л}^2}{4} + Z_{ств} + Z_M + H_{ств}; \quad (1.18)$$

– одна рукавная магистральная линия, проложенная к стволу от автомобиля, установленного на водоисточник, до разветвления, а затем от разветвления две рабочие линии к лафетному стволу, тогда

$$H_H = n_{м.л} S_{м.л} Q_{м.л}^2 + n_{р.л} S_{р.л} \frac{Q_{р.л}^2}{4} + Z_{ств} + Z_M + H_{ств}. \quad (1.19)$$

Можно рассмотреть на примерах несколько схем подачи ручных и лафетных водяных стволов на тушение пожаров.

Пример 1.5. От емкости АЦ подан ствол РС-50, количество рукавов диаметром  $d_{п.р}$  51 мм в рабочей линии 3 шт., требуемый напор на стволе 35 м вод. ст. Определите требуемый напор на насосе АЦ.

Решение. Требуемый напор на насосе АЦ рассчитаем по формуле

$$H_{н} = n_{р.л} S_{р.л} Q_{ств}^2 + H_{ств} = 3 \cdot 0,13 \cdot 3,5^2 + 35 = 40 \text{ м вод. ст.}$$

Пример 1.6. От АЦ, установленной на водоисточник, проложена магистральная линия диаметром  $d_{м.л}$  66 мм и длиной 100 м, на конце которой установлено разветвление. От разветвления поданы два ствола РС-50 на три рукава диаметром  $d_{п.р}$  51 мм к каждому стволу на высоту 9 м. Определите требуемый напор на насосе АЦ.

Решение. Вычислим требуемый напор на насосе АЦ:

$$H_{н} = n_{м.л} S_{м.л} Q_{м.л}^2 + n_{р.л} S_{р.л} Q_{р.л}^2 + Z_{ств} + H_{ств} = \frac{1,2L_{м}}{\ell_{р.м.л}} S_{м.л} Q_{м.л}^2 + n_{р.л} S_{р.л} Q_{р.л}^2 + Z_{ств} + H_{ств} =$$

$$= \frac{1,2 \cdot 100}{20} 0,035 \cdot 7^2 + 3 \cdot 0,13 \cdot 3,5^2 + 9 + 35 = 10,3 + 4,8 + 9 + 35 = 59,1 \text{ м вод. ст.}$$

Примечание 1.1. Расход воды в рабочих линиях стволов принимаем по одной из них, так как расход воды в них одинаковый.

Пример 1.7. От АП, установленного на водоисточник, проложена магистральная линия диаметром  $d_{м.л}$  77 мм из 10 рукавов, на конце которой установлено разветвление. От разветвления проложены две рабочие линии: одна – диаметром  $d_{р.л}$  66 мм состоит из трех рукавов, к ней присоединен ствол РС-70, а ко второй – РС-50. Высота подъема стволов  $Z_{ств}$  составляет 7 м, подъем местности  $Z_{м}$  равен 6 м, требуемый напор на стволах  $H_{н} - 35$  м вод. ст.

Определите требуемый напор на насосе автомобиля, установленного на водоисточник.

Решение. Определим требуемый напор на насосе автомобиля:

$$H_{н} = n_{м.л} S_{м.л} Q_{м.л}^2 + n_{р.л} S_{р.л} Q_{р.л}^2 + Z_{ств} + Z_{м} + H_{ств} =$$

$$= 10 \cdot 0,015 \cdot 10,5^2 + 3 \cdot 0,035 \cdot 7^2 + 6 + 7 + 35 = 16,5 + 5,2 + 6 + 7 + 35 = 69,7 \text{ м вод. ст.}$$

Пример 1.8. Для тушения пожара необходимо подать три ствола РС-50 на второй этаж здания при высоте подъема ствола  $Z_{ств}$  3,5 м. АЦ установлена на водоисточник, от нее проложена магистральная линия диаметром  $d_{м.л}$  77 мм, подъем местности  $Z_{м} - 7$  м. От разветвления магистральной линии проложены три рабочие линии, причем на четыре рукава каждая.

Определите схему разветвлявания и предельное расстояние, на которое можно подать стволы (рис. 1.3).

Решение. Определяем схему разветвлявания, для этого узнаем предельное расстояние, на которое можно подать стволы и обеспечить их нормальную работу:

$$L_{\max} = \frac{(H_{\text{н}}^{\max} - n_{\text{р.л}} S_{\text{р.л}} Q_{\text{р.л}}^2 - Z_{\text{м}} - Z_{\text{ств}} - H_{\text{ств}}) 20}{1,2 S_{\text{м.л}} Q_{\text{м.л}}^2} =$$

$$= \frac{(100 - 4 \cdot 0,13 \cdot 3,5^2 - 7 - 3,5 - 35) 20}{1,2 \cdot 0,015 \cdot 10,5^2} = 470 \text{ м.}$$

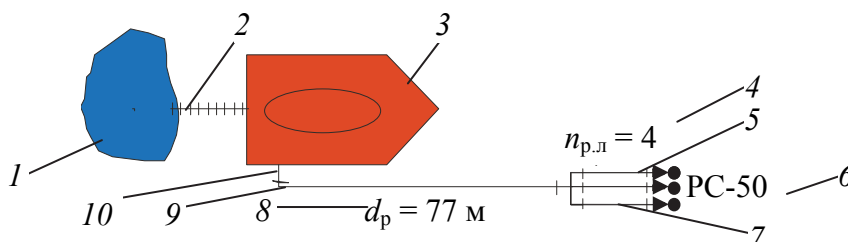


Рис. 1.3. Схема подачи стволов:

- 1 – естественный водоем; 2 – напорно-всасывающий рукав; 3 – автоцистерна;  
 4 –  $n_{\text{р.л}}$  – количество рукавов в рабочей линии; 5 – рабочая линия; 6 – ручной ствол РС-50;  
 7 – разветвление; 8 – диаметр магистральной линии; 9 – магистральная линия;  
 10 – напорный патрубок автоцистерны

Пример 1.9. От АЦ, установленной на водоисточник, проложена одна рукавная линия длиной  $\ell_{\text{р.л}}$  100 м и диаметром  $d_{\text{р.л}}$  66 мм к стволу РС-70 со свернутым насадком и расходом ствола  $Q_{\text{ств}}$  10 л/с.

Определите требуемый напор на насосе АЦ, если напор на стволе должен быть 50 м вод. ст., а подъем местности – 10 м.

Решение. Определим требуемый напор на насосе АЦ:

$$H_{\text{н}} = n_{\text{р.л}} S_{\text{р.л}} Q_{\text{ств}}^2 + Z_{\text{м}} + H_{\text{ств}} = \frac{1,2 \cdot 100}{20} 0,035 \cdot 10^2 + 10 + 50 = 81 \text{ м вод. ст.}$$

Пример 1.10. От АЦ, установленной на водоисточник, проложены две магистральные линии диаметром  $d_{\text{м.л}}$  77 мм и длиной  $\ell_{\text{м.л}}$  100 м к лафетному переносному стволу с диаметром насадка  $d_{\text{н}}$  28 мм и расходом воды  $Q_{\text{м.л}}$  20 л/с. Напор на стволе  $H_{\text{ств}}$  50 м вод. ст., а подъем местности  $Z_{\text{м}}$  – 6 м.

Определите требуемый напор на насосе АЦ.

Решение. Найдем требуемый напор на насосе по следующей формуле:

$$H_{\text{н}} = n_{\text{м.л}} S_{\text{м.л}} \frac{Q_{\text{м.л}}^2}{4} + Z_{\text{м}} + H_{\text{ств}} = \frac{1,2 \cdot 100}{20} 0,015 \left( \frac{20}{2} \right)^2 + 6 + 50 = 65 \text{ м вод. ст.}$$

### 1.3. Перекачка и подвоз воды к месту пожара

При большом удалении водоисточников от места пожара и невозможности подачи воды одним пожарным насосом РТП организует подачу воды путем перекачки ее АП или подвозом, а также с помощью АЦ и приспособленной для этих целей другой техникой.

Перекачка воды к месту пожара может осуществляться: АЦ, насосными станциями, АНР и т. п. Наиболее распространены в практике тушения пожаров следующие схемы перекачки воды от водоисточника к месту пожара: из насоса одного АП в насос другого АП («из насоса в насос»); из насоса одного АП в емкость пожарной цистерны; из насоса одного АП через промежуточную емкость с забором воды другим АП из этой емкости.

Целесообразно на водоисточник установить АП с наиболее мощным пожарным насосом. При перекачке «из насоса в насос» на входе воды из магистральной линии в головной насос напор в линии должен быть не менее 10 м вод. ст., а при перекачке из насоса одного АП со сливом воды в цистерну АП – 4–5 м вод. ст. При перекачке воды автомобилями через промежуточную емкость вода, как правило, подается на излив с напором 2–4 м вод. ст. на конце магистральной линии.

Последовательность проведения расчета требуемого количества пожарных машин для перекачки воды следующая:

1. Определим предельное расстояние до головной пожарной машины в магистральных напорных рукавах, шт., тогда:

$$N_{\text{гол}} = \left[ \frac{H_{\text{н}}^{\text{max}} - (h_{\text{вх}}^{\text{р.л}} + Z_{\text{ств}} + Z_{\text{м}} + H_{\text{ств}})}{S_{\text{м.л}} Q_{\text{м.л}}^2} \right]. \quad (1.20)$$

2. Расстояние, шт., между АП, работающими на перекачке, определяется по формуле

$$N_{\text{р.м}} = \left[ \frac{H_{\text{н}}^{\text{max}} - (h_{\text{вх}}^{\text{р.л}} \pm Z_{\text{м}} + H_{\text{ств}})}{S_{\text{м.л}} Q_{\text{м.л}}^2} \right], \quad (1.21)$$

где  $h_{\text{вх}}^{\text{р.л}}$  – напор на конце магистральной рукавной линии ступени перекачки (принимается в зависимости от схемы перекачки, соответственно 2,5–4; 10; 40 м вод. ст.).

3. Расстояние от водоисточника до места пожара (в рукавах, шт.) рассчитывается по формуле

$$N_{\text{р.л}} = \frac{1,2L}{20}. \quad (1.21a)$$

4. Определите количество ступеней перекачки по формуле

$$N_{\text{ступ}} = \frac{(N_{\text{р.л}} - N_{\text{гол}})}{N_{\text{р.м}}}, \quad (1.22)$$

где  $N_{\text{гол}}$  – расстояние от места пожара до головной пожарной машины, в рукавах, шт.;  $N_{\text{р.м}}$  – расстояние между АП, работающими по перекачке, в рукавах, шт. (длина одной ступени перекачки).

5. Определяем общее количество АП для перекачки воды по формуле

$$N_{\text{АП}} = N_{\text{ступ}} + 1. \quad (1.23)$$

6. Расстояние от места пожара до головного автомобиля определяем по формуле

$$N_{\text{гол}} = N_{\text{р.л}} - N_{\text{ступ}} N_{\text{р.м}}, \quad (1.24)$$

где  $N_{\text{р.л}}$  – расстояние от водоисточника до места пожара, в рукавах, шт.;  $N_{\text{ступ}}$  – количество ступеней перекачки;  $N_{\text{р.м}}$  – расстояние между АП, работающими по перекачке, в рукавах, шт.

Пример 1.11. Для тушения пожара необходимо подать 2 ствола РС-50 и один РС-70 с дальнейшим подъемом стволов на высоту  $Z_{\text{ств}}$  8 м. Река расположена на расстоянии 1 200 м от места пожара, подъем местности  $Z_{\text{м}}$  составляет 10 м. К месту пожара прибыли четыре АЦ-2,5-40 и АР-2, укомплектованный напорными рукавами диаметром  $d_{\text{н.р}}$  77 мм.

Определите требуемое количество АП для перекачки требуемого расхода воды к месту пожара.

Решение

1. Принимаем схему подачи воды перекачкой по одной магистральной линии диаметром  $d_{\text{м.л}}$  77 мм, в конце которой устанавливается разветвление и присоединяются три рабочие линии по три рукава в каждой, идущие к стволам. Подача воды осуществляется по схеме «из насоса в насос».

2. Рассчитаем предельное расстояние между пожарными АЦ, работающими по перекачке (в рукавах, шт.):

$$N_{\text{р.м}} = \frac{\left[ H_{\text{н}}^{\text{max}} - (h_{\text{вх}}^{\text{р.л}} + H_{\text{ств}} + Z_{\text{м}}) \right]}{S_{\text{м.л}} Q_{\text{м.л}}^2} = \frac{[90 - (10 + 35 + 10)]}{0,015 \cdot 14^2} = 32 \text{ шт.}$$

3. Находим предельное расстояние до головной пожарной АЦ (в рукавах, шт.):

$$N_{\text{гол}} = \frac{\left[ H_{\text{н}}^{\text{max}} - (h_{\text{вх}}^{\text{р.л}} + Z_{\text{ств}} + Z_{\text{м}} + H_{\text{ств}}) \right]}{S_{\text{м.л}} Q_{\text{м.л}}^2} = \frac{[90 - (10 + 8 + 10 + 35)]}{0,015 \cdot 14^2} = 8 \text{ шт.}$$

4. Определим расстояние от реки до места пожара, в рукавах, шт.:

$$N_{\text{р.л}} = \frac{1,2L}{20} = \frac{1,2 \cdot 1200}{20} = 72 \text{ шт.}$$



5. Рассчитаем количество ступеней перекачки по следующей формуле:

$$N_{\text{ступ}} = \frac{(N_{\text{р.л}} - N_{\text{гол}})}{N_{\text{р.м}}} = \frac{(72 - 8)}{32} = 2.$$

6. Общее количество АП для перекачки воды равно:

$$N_{\text{АП}} = N_{\text{ступ}} + 1 = 2 + 1 = 3 \text{ шт.}$$

7. Расстояние от места пожара до головной АЦ составит:

$$N_{\text{гол}} = N_{\text{р.л}} - N_{\text{ступ}} N_{\text{р.м}} = 72 - 2 \cdot 32 = 8 \text{ шт.}$$

Полученное расстояние совпадает с предельным, и головная АЦ будет установлена именно на этом расстоянии.

Примечания 1.2:

1. Если при тех же условиях задачи перекачку осуществлять по двум магистральным линиям, то расстояние между АП, работающими по перекачке, увеличится в четыре раза.

2. Если при тех же условиях задачи перекачку осуществлять по двум магистральным линиям, при том же расстоянии между АП, то подачу расхода воды на тушение можно увеличить в два раза.

3. Подвоз воды к месту пожара осуществляется в том случае, когда недостаточен запас магистральных рукавов, вывозимых на АП для прокладки рукавных линий, или время разворачивания для схемы перекачки намного больше, чем для подвоза воды.

4. В распоряжении РТП должно быть достаточно АЦ для организации бесперебойной подачи воды для тушения пожара.

Методика расчета требуемого количества АЦ для подвоза воды к месту пожара следующая:

1. Определяем требуемое количество стволов, шт., на тушение пожара по формуле

$$N_{\text{ств}} = \frac{Q_{\text{тр}}}{q_{\text{ств}}} = \frac{I_{\text{тр}} S_{\text{т}}}{q_{\text{ств}}}. \quad (1.25)$$

2. Рассчитываем количество АЦ с одинаковыми емкостями для подвоза воды и обеспечения бесперебойной работы стволов по формуле

$$N_{\text{АЦ}} = \frac{2\tau_{\text{след}} + \tau_{\text{запр}}}{\tau_{\text{расх}}} + 1, \quad (1.26)$$

где  $Q_{\text{тр}}$  – требуемый расход воды для тушения пожара, л/с;  $q_{\text{ств}}$  – расход воды из одного ствола, л/с;  $I_{\text{тр}}$  – требуемая интенсивность подачи воды, л/с·м<sup>2</sup>;  $S_{\text{т}}$  – площадь пожара, м<sup>2</sup>;  $\tau_{\text{след}}$  – время следования АЦ от водоисточника к месту пожара, мин;  $\tau_{\text{запр}}$  – время заправки АЦ водой из водоисточника, мин;

$\tau_{\text{расх}}$  – время расхода воды из АЦ на месте пожара через работающие стволы, мин; 1 – АЦ, постоянно находящаяся на водоисточнике и обеспечивающая заправку емкости АЦ водой.

Примечания 1.3:

1. Если прибывающие к водоисточнику АЦ сами заправляются водой, тогда время заправки увеличивается на величину развертывания АЦ с забором воды из водоисточника.

2. При расстоянии от места пожара до водоисточника более 2–3 км в схему подвоза включается еще одна цистерна для устойчивого обеспечения расходами воды и исключения случайностей и перерывов в подаче воды на пожар.

3. Определяем время следования АЦ от места пожара к водоисточнику или обратно, мин, по формуле

$$\tau_{\text{след}} = \frac{L \cdot 60}{V_{\text{дв}}}, \quad (1.27)$$

где  $L$  – расстояние от места пожара до водоисточника, км;  $V_{\text{дв}}$  – средняя скорость движения АЦ, км/ч.

4. Время заправки емкости АЦ водой, мин, будет определяться по формуле

$$\tau_{\text{запр}} = \frac{W_{\text{ц}}}{Q_{\text{запр}} \cdot 60}, \quad (1.28)$$

где  $W_{\text{ц}}$  – объем емкости АЦ, л;  $Q_{\text{запр}}$  – расход воды, подаваемой насосом или от пожарной колонки, установленной на пожарный гидрант, л/с.

5. Время расхода воды из емкости АЦ, мин, рассчитывается по формуле

$$\tau_{\text{расх}} = \frac{W_{\text{ц}}}{\sum_{i=1}^n N_{\text{ств}i} q_{\text{ств}i} \cdot 60}, \quad (1.29)$$

где  $N_{\text{ств}i}$  – количество стволов определенного типа, поданных от АЦ, шт.;  $q_{\text{ств}i}$  – расход воды (раствора) из определенного типа стволов, л/с.

## 1.4. Расчет работы насосно-рукавных систем при подаче пенных стволов

Для получения и подачи воздушно-механической пены (ВМП) применяются приборы типа ГПС, СВП, УКТП «Пурга». Воздушно-пенные стволы могут быть лафетными – ПЛСК-П или ПЛСК-С. Для подачи в поток воды, идущей по пожарным рукавам, пенообразователя для получения раствора требуемой концентрации используются стационарные и переносные пеносмесители различных типов (табл. 1.3).

Рабочий напор перед пеносмесителем должен быть 0,7–1 МПа, а максимальный напор за пеносмесителем – 0,45–0,65 МПа. Расход раствора пенообразователя в воде составит 6, 12, 18 л/с для ПС-1, ПС-2 и ПС-3 при концентрации пенообразователя 6 %.

Для обеспечения нормальной работы пеносмесителя предельное положение уровня пенообразователя в емкости должно быть не ниже 0,3 м и не выше 2 м оси пеносмесителя.

Таблица 1.3

**Основные параметры пеносмесителей**

| Напор перед пеносмесителем, МПа | Параметры                            |      |      |  |      |      |   |      |      |
|---------------------------------|--------------------------------------|------|------|--|------|------|---|------|------|
|                                 | Расход воды через пеносмеситель, л/с |      |      | Количество эжектируемого пенообразователя, л/с |      |      | Максимально допустимый подпор раствора пеносмесителя, МПа |      |      |
|                                 | ПС-1                                 | ПС-2 | ПС-3 | ПС-1   | ПС-2 | ПС-3 | ПС-1  | ПС-2 | ПС-3 |
| 0,7                             | 4,8                                  | 9,6  | 14,2 | 0,26   | 0,52 | 0,78 | 0,45  |      |      |
| 0,8                             | 5,1                                  | 10,2 | 15,2 |  |      |      | 0,52  |      |      |
| 0,9                             | 5,4                                  | 10,8 | 16,2 | 0,31   | 0,62 | 0,93 | 0,58  |      |      |
| 1,0                             | 5,7                                  | 11,3 | 17,0 |  |      |      | 0,65  |      |      |

Кратность пены у ГПС равна 80; давление перед распылителем – 0,4–0,6 МПа; расход раствора пенообразователя в воде: ГПС-200 – 2 л/с; ГПС-600 – 6 л/с; ГПС-2000 – 20 л/с (при давлении 0,6 МПа); длина струи – 6–8 м.

СВП предназначены для получения ВМП низкой кратности из пресной воды. Рабочее давление перед стволом должно быть не менее 0,4–0,6 МПа, при этом кратность пены будет равна 7 м, а длина струи – 15–20 м.

**Пример 1.12.** От емкости АЦ подано два генератора ГПС-600. Магистральная линия диаметром  $d_{м.л}$  77 мм состоит из четырех рукавов:  $n_{м.л} = 4$ , на ее конце – разветвление, а от разветвления проложены две рукавные линии диаметром  $d_{р.л}$  66 мм к генераторам ГПС-600. Давление на ГПС-600 – 0,6 МПа, высота подъема генератора – 10 м. Определите требуемый напор на насосе пожарной АЦ.

**Решение.** Рассчитаем требуемый напор на насосе пожарной АЦ для данной схемы подачи стволов:

$$H_n = n_{м.л} S_{м.л} Q_{м.л}^2 + n_{р.л} S_{р.л} Q_{р.л}^2 + Z_{ств} + H_{ств} =$$

$$= 4 \cdot 0,015 \cdot 12^2 + 2 \cdot 0,034 \cdot 6^2 + 10 + 60 = 81,3 \text{ м.}$$

**Пример 1.13.** От емкости АЦ проложена рукавная линия диаметром  $d_{р.л}$  66 мм на пять рукавов и к ней присоединен ствол СВП-4.

Определите требуемый напор на насосе АЦ, если требуемый напор на стволе составляет 0,6 МПа.

**Решение.** Требуемый напор на насосе АЦ при данной схеме подачи ствола определяется по формуле

$$H_{\text{н}} = n_{\text{р.л}} S_{\text{р.л}} Q_{\text{ств}}^2 + H_{\text{ств}} = 5 \cdot 0,034 \cdot 8^2 + 60 = 70,9 \text{ м вод. ст.}$$

## 1.5. Параметры тактических возможностей пожарных автомобилей по подаче огнетушащих веществ

Большинство основных пожарных автомобилей, задействуемых в тушении пожаров, – АЦ. Меньше используются автомобили пенного и порошкового тушения, аэродромной службы, газовой тушения, насосно-рукавные и т. п. АЦ могут работать с установкой на водоисточник и без нее, отсюда будут изменяться их временные параметры работы, являющиеся одним из показателей тактико-технических возможностей пожарных подразделений. Именно последний параметр имеет большое значение в работе различных типов стволов при разных схемах насосно-рукавных систем.

Время работы стволов от емкости АЦ, мин, определяется по формуле

$$\tau_{\text{раб}} = \frac{0,9W_{\text{ц}} - n_{\text{р}}W_{\text{р}}}{N_{\text{ств}}q_{\text{ств}} \cdot 60}, \quad (1.30)$$

где  $n_{\text{р}}$  – количество однотипных рукавов в линии, шт.;  $W_{\text{р}}$  – объем воды в одном рукаве, л;  $N_{\text{ств}}$  – количество поданных водяных стволов, шт.

При подаче воды из водоема АЦ время работы стволов, мин, определяется следующим образом:

$$\tau_{\text{раб}} = \frac{K_0W_{\text{в}} - n_{\text{р}}W_{\text{р}}}{N_{\text{ств}}q_{\text{ств}} \cdot 60}, \quad (1.31)$$

где  $K_0$  – коэффициент, учитывающий остаток воды в водоеме, который невозможно забрать из него, равный 0,8 для железобетонных водоемов и 0,6–0,7 – для земляных;  $W_{\text{в}}$  – объем водоема, л.

**Пример 1.14.** Определите время работы одного ствола РС-50 от емкости АЦ-2,5-40, если рукавная линия состоит из четырех рукавов диаметром  $d_{\text{п.р}}$  51 мм.

**Решение.** Вычисляем время работы ствола РС-50 от емкости АЦ:

$$\tau_{\text{раб}} = \frac{0,9W_{\text{ц}} - n_{\text{р}}W_{\text{р}}}{N_{\text{ств}}q_{\text{ств}} \cdot 60} = \frac{0,9 \cdot 2500 - 4 \cdot 40}{1 \cdot 3,5 \cdot 60} = 10 \text{ мин.}$$

**Пример 1.15.** Определите время работы одного ствола РС-70 со свернутым насадком от АНР, установленного на железобетонный водоем емкостью 50 м<sup>3</sup>, если рукавная линия состоит из пяти рукавов диаметром  $d_{\text{пр}}$  66 мм.

**Решение.** Рассчитаем время работы ствола РС-70 при заборе воды из водоема по формуле

$$\tau_{\text{раб}} = \frac{K_{\text{o}}W_{\text{в}} - n_{\text{р}}W_{\text{р}}}{N_{\text{ств}}q_{\text{ств}} \cdot 60} = \frac{0,8 \cdot 50000 - 5 \cdot 70}{1 \cdot 10 \cdot 60} = 66 \text{ мин.}$$

Время работы ГПС, мин, определяется по выражению

$$\tau_{\text{раб}} = \frac{0,9W_{\text{рр}} - n_{\text{р}}W_{\text{р}}}{N_{\text{ГПС}}q_{\text{ГПС}}^{\text{рр}} \cdot 60}, \quad (1.32)$$

где  $W_{\text{рр}}$  – объем раствора пенообразователя в воде, получаемый из вывозимого на АП пенного концентрата и воды, л;  $N_{\text{ГПС}}$  – количество ГПС, шт.;  $q_{\text{ГПС}}^{\text{рр}}$  – расход ГПС по раствору, л/с.

**Пример 1.16.** Емкость АЦ-2,5-40 заполнена 6%-ным раствором пенообразователя в воде, и от нее проложена линия из четырех рукавов диаметром  $d_{\text{р.л}}$  66 мм, к которой присоединен один генератор ГПС-600. Определите время работы данного ствола.

**Решение.** Время работы ГПС-600 рассчитывается по формуле

$$\tau_{\text{раб}} = \frac{0,9W_{\text{рр}} - n_{\text{р}}W_{\text{р}}}{N_{\text{ГПС}}q_{\text{ГПС}}^{\text{рр}} \cdot 60} = \frac{0,9 \cdot 2500 - 4 \cdot 70}{1 \cdot 6 \cdot 60} = 5,5 \text{ мин.}$$

Тушение пожаров огнетушащими порошковыми составами регламентируется временем порошковой атаки (30–60 с). Подача огнетушащего порошкового состава осуществляется ручными и лафетными стволами от АП порошкового тушения.

У стационарных лафетных стволов, установленных на пожарных автомобилях порошкового тушения, расходы порошкового ствола составляют: 20, 40, 50, 60 и 80 кг/с, а у ручных порошковых стволов – 2,2; 4; 5 и 12 кг/с.

Время работы лафетного ствола от емкости с огнетушащим порошковым составом, мин, определяется по формуле

$$\tau_{\text{раб}} = \frac{W_{\text{пор}}}{N_{\text{ств}}q_{\text{ств}} \cdot 60}, \quad (1.33)$$

где  $W_{\text{пор}}$  – объем огнетушащего порошкового состава в емкости АП тушения, кг.

Пример 1.17. Определите время работы стационарного лафетного ствола АП-3(130)148А порошкового тушения, если расход порошка из лафетного ствола составляет 40 кг/с.

Решение. Рассчитаем время работы стационарного лафетного ствола по формуле

$$\tau_{\text{раб}} = \frac{W_{\text{пор}}}{N_{\text{ств}} q_{\text{ств}} \cdot 60} = \frac{2750}{1 \cdot 40 \cdot 60} = 1,1 \text{ мин.}$$

Пример 1.18. Определите время работы стационарного лафетного ствола АП-4000-50 порошкового тушения, если расход порошка через лафетный ствол составляет 50 кг/с.

Решение. Найдем время работы стационарного лафетного ствола по формуле

$$\tau_{\text{раб}} = \frac{W_{\text{пор}}}{N_{\text{ств}} q_{\text{ств}} \cdot 60} = \frac{4000}{1 \cdot 50 \cdot 60} \approx 1,3 \text{ мин.}$$

Тушение пожаров газовыми огнетушащими составами от передвижной пожарной техники рекомендуется в помещениях объемом не более 3 000 м<sup>3</sup> ввиду больших расходов и потерь огнетушащего вещества.

Наиболее широкое применение в практике тушения пожаров нашла углекислота (углекислый газ). Она хранится в жидком виде в баллонах под давлением, при этом огнетушащая концентрация составляет не менее 30 % по объему (0,64–0,77 кг/м<sup>3</sup>). АП газового тушения вывозят от 2 500 до 4 000 кг углекислоты в баллонах под давлением. Она может подаваться на тушение пожаров ручными стволами с расходом 2 и 16 кг/с и лафетным стволом – 30 кг/с. Время заполнения помещения зависит от категории пожарной опасности и составляет 60–120 с.

Время работы стволов от АП газового тушения, мин, определяется по формуле

$$\tau_{\text{раб}} = \frac{W_{\text{ук}} - K_2 W_{\text{ук}}}{N_{\text{ств}} q_{\text{ств}}^{\text{ук}} \cdot 60}, \quad (1.34)$$

где  $W_{\text{ук}}$  – объем углекислоты, вывозимой на АП, кг;  $K_2$  – коэффициент, учитывающий остаток огнетушащего вещества в системе, равный 0,1–0,3;  $N_{\text{ств}}$  – количество поданных стволов, шт.;  $q_{\text{ств}}^{\text{ук}}$  – расход углекислоты через ствол, кг/с.

Пример 1.19. Определите время работы двух ручных стволов с расходом 2 кг/с каждый или одного лафетного ствола с расходом 30 кг/с от АГТ-0,25(3303) ПМ-571, если масса вывозимой углекислоты составляет 2 500 кг.

## Решение

1. Время работы двух ручных стволов определяем по формуле

$$\tau_{\text{раб}} = \frac{W_{\text{ук}} - K_2 W_{\text{ук}}}{N_{\text{ств}} q_{\text{ств}}^{\text{ук}} \cdot 60} = \frac{2500 - 0,2 \cdot 2500}{2 \cdot 2 \cdot 60} \approx 8,3 \text{ мин.}$$

2. Рассчитаем время работы одного лафетного ствола:

$$\tau_{\text{раб}} = \frac{W_{\text{ук}} - K_2 W_{\text{ук}}}{N_{\text{ств}} q_{\text{ств}}^{\text{ук}} \cdot 60} = \frac{2500 - 0,2 \cdot 2500}{1 \cdot 30 \cdot 60} = 1,1 \text{ мин.}$$

Локализация и ликвидация большинства видов пожаров производится путем последовательного введения расчетного количества стволов или подготовленной атаки одновременно. Способы операций по локализации и ликвидации зависят от объема, периметра или площади тушения.

Для рационального использования пожарных подразделений при тушении пожаров необходимо знать основные параметры тактических возможностей отделений на АП различного назначения.

К основным параметрам, характеризующим тактические возможности пожарных подразделений, относятся:

- время работы водяных и пенных стволов;
- возможная площадь, периметр и объем тушения;
- технические возможности АП по запасу вывозимых огнетушащих веществ и их подаче на тушение пожара;
- тактические возможности пожарных расчетов на основных автомобилях по подаче стволов и выполнению других видов работ на пожаре.

Площадь, периметр или объем тушения пожара зависят от количества и технических характеристик стволов, которые может подать отделение на АП для локализации и ликвидации пожара, а также от вида горючей нагрузки и т. п.

Расчет сил и средств проводится до пожара: при разработке оперативно-служебных документов, при решении пожарно-тактических задач, на месте пожара или после его ликвидации.

Среди показателей, необходимых для расчета, особое значение имеет расчет площади тушения, площади пожара, а также принцип расстановки сил и средств, участвующих в тушении пожара, направление подачи стволов и т. д.

В зависимости от того, как введены и расставлены силы и средства, тушение может осуществляться с охватом всей площади пожара, только ее части или путем заполнения объема огнетушащими веществами, при этом расстановку сил и средств выполняют по всему периметру площади пожара или по фронту его локализации.

Если сосредоточенные силы и средства обеспечивают тушение пожара по всей площади, охваченной горением, то расчет их производят по площади пожара, которая численно равняется площади тушения.

Если обработка всей площади пожара огнетушащими веществами невозможна, то силы и средства сосредоточивают по периметру или фронту локализации для поэтапного тушения. Расчет в этом случае осуществляют по площади тушения на первом этапе, считая от внешних границ площади пожара.

Площадь тушения  $S_T$  – это часть площади пожара, которая используется при расчете требуемого количества сил и средств на локализацию пожара. Площадь тушения водой зависит от глубины обработки горящего участка  $h_T$  имеющимися приборами подачи огнетушащих веществ.

Установлено, что по условиям тушения пожаров эффективно используется примерно третья часть длины струи, поэтому в расчетах глубины обработки горячей площади принимают для ручных стволов – 5 м, а для лафетных – 10 м. Следовательно, площадь тушения будет численно совпадать с площадью пожара при ее ширине (для прямоугольной формы развития), диаметре (для круговой формы развития) и радиусе (для угловой формы развития), не превышающих 10 м при подаче ручных стволов, введенных по периметру навстречу друг другу, и 20 м – при тушении лафетными стволами. В остальных случаях площадь тушения принимают равной разности общей площади пожара и площади, которую в данный момент водяными струями невозможно потушить.

В жилых и административных зданиях с помещениями небольших размеров расчет сил и средств целесообразно проводить по площади пожара, так как средства тушения можно вводить по нескольким направлениям: изнутри – со стороны лестничных клеток – и снаружи – через оконные проемы. Однако и в этих случаях не исключено поэтапное тушение, особенно при пожарах в зданиях с коридорной системой планировки.

При расстановке сил и средств по длине внешней границы горячей площади необходимо учитывать также периметр тушения, который при любой форме развития пожара меньше фактического периметра.

Периметр тушения  $P_T$  – это длина внешней границы площади пожара в данный момент, по которой осуществляется подача огнетушащих веществ и обеспечивается непосредственная обработка поверхности горения, за исключением пересекающихся зон. При круговой форме площади пожара периметр тушения сокращается за счет изменения длины окружности от внешней границы в глубину.

Площадь тушения пожара,  $m^2$  (максимально возможная) в зависимости от количества и технической характеристики стволов рассчитывается по формуле

$$S_T = \frac{N_{\text{ств}} q_{\text{ств}}}{I_{\text{тр}}}, \quad (1.35)$$

где  $N_{\text{ств}}$  – количество стволов, поданных на тушение отделением на АП, шт.;  $I_{\text{тр}}$  – требуемая интенсивность подачи огнетушащего вещества на тушение определенного вида объекта или горючей нагрузки, л/с·м<sup>2</sup>.



Площадь тушения,  $\text{м}^2$ , при круговой форме развития пожара определяется по выражению

$$S_{\text{т}} = \pi(R^2 - r^2), \quad (1.36)$$

где  $R$  – расстояние (радиус), пройденное фронтом пламени на определенный момент времени, м;  $r$  – радиус круга, на который не осуществляется подача огнетушащих веществ (ОВ),

$$r = R - h_{\text{т}},$$

где  $h_{\text{т}}$  – глубина тушения ручными или лафетными стволами, м;

тогда 
$$S_{\text{т}} = \pi h_{\text{т}} (2R - h_{\text{т}}). \quad (1.37)$$

Площадь тушения при прямоугольной форме развития пожара,  $\text{м}^2$ , определяется по формулам:

– при локализации пожара с одной или двух сторон его распространения

$$S_{\text{т}} = n a h_{\text{т}}, \quad (1.38)$$

где  $n$  – количество направлений распространения пламени;  $a$  – ширина фронта пламени, м;

– при локализации пожара с четырех сторон его распространения

$$S_{\text{т}} = 2h_{\text{т}}(a + b - 2h_{\text{т}}), \quad (1.39)$$

где  $a, b$  – стороны площади прямоугольника, где происходит горение, м.

Периметр тушения пожара, м, можно определить по формулам:

– при круговой форме развития пожара

$$P_{\text{т}} = \pi d = 2\pi R; \quad (1.40)$$

– при прямоугольной форме развития пожара

$$P_{\text{т}} = 2(a + b). \quad (1.41)$$

**Пример 1.20.** Определите площадь тушения пожара ручными стволами, развивающегося по круговой форме с радиусом 12 м.

**Решение.** Рассчитаем площадь тушения пожара по формуле

$$S_{\text{т}} = \pi h_{\text{т}} (2R - h_{\text{т}}) = 3,14 \cdot 5 (2 \cdot 12 - 5) = 298 \text{ м}^2.$$

**Пример 1.21.** Определите площадь тушения пожара лафетными стволами при прямоугольной форме его развития при тушении по всему периметру, если ширина фронта пламени – 18 м, а длина – 30 м.

**Решение.** Найдем площадь тушения пожара по формуле

$$S_{\text{т}} = 2h_{\text{т}}(a + b - 2h_{\text{т}}) = 2 \cdot 10 (18 + 30 - 2 \cdot 10) = 560 \text{ м}^2.$$

Возможная площадь тушения пожара,  $\text{м}^2$ , в зависимости от емкости АЦ или другого автомобиля, вывозящего воду к месту пожара и подающего ее для прекращения горения, определяется по формуле

$$S_{\tau} = \frac{0,9W_{\text{ц}} - n_{\text{п}}W_{\text{п}}}{Q_{\text{уд}}}, \quad (1.42)$$

где  $Q_{\text{уд}}$  – удельный расход воды, необходимый для ликвидации горения определенной пожарной нагрузки или объекта,  $\text{л}/\text{м}^2$ , который определяется по справочным данным или по формуле

$$Q_{\text{уд}} = I_{\text{тр}} \tau_{\text{т}}^{\text{н}}, \quad (1.43)$$

где  $\tau_{\text{т}}^{\text{н}}$  – нормативное время подачи воды на тушение пожара, мин.

Так, для жилых и административных зданий I и II степени огнестойкости удельный расход воды равен  $80\text{--}120 \text{ л}/\text{м}^2$ , а для лесоскладов – требуется около  $900 \text{ л}/\text{м}^2$ .

**Пример 1.22.** От емкости АЦ-2,5-40 подан ствол РС-50 на четыре рукава рабочей линии диаметром  $d_{\text{р.л}}$  51 мм для тушения пожара в административном здании II степени огнестойкости. Определите возможную площадь тушения пожара.

**Решение.** Рассчитаем возможную площадь тушения пожара в административном здании отделением на АЦ-2,5-40 по формуле

$$S_{\tau} = \frac{0,9W_{\text{ц}} - n_{\text{п}}W_{\text{п}}}{Q_{\text{уд}}} = \frac{0,9 \cdot 2500 - 4 \cdot 40}{80 - 120} = 26 - 17 \text{ м}^2.$$

Тушение пожаров ЛВЖ, ГЖ, а также ликвидация пожара при объемном тушении помещений производится ВМП низкой или средней кратности и реже – высокократной пеной.

Раствор пенообразователя в воде чаще всего бывает 3, 4 или 6 %, а его объем зависит от вывозимого на АП запаса воды и пенообразователя.

Фактическая доля воды, приходящаяся на один литр пенообразователя в растворе, определяется по формуле

$$K_{\text{в.ф}} = \frac{C_{\text{в}}^{\text{рр}}}{C_{\text{ПО}}^{\text{рр}}}, \quad (1.44)$$

где  $C_{\text{в}}^{\text{рр}}, C_{\text{ПО}}^{\text{рр}}$  – соответственно, концентрация воды и пенообразователя в растворе, %.

Фактическая доля пенообразователя, приходящаяся на один литр воды в растворе, определяется по формуле

$$K_{\text{ПО.ф}} = \frac{C_{\text{ПО}}^{\text{рр}}}{C_{\text{в}}^{\text{рр}}}. \quad (1.45)$$

Численные значения этих параметров приведены в табл. 1.4.

Значения параметров  $K_{\text{ПО.ф}}$  и  $K_{\text{в.ф}}$ 

| Содержание воды в растворе, % | Содержание пенообразователя в растворе, % | Величина параметра |                  |
|-------------------------------|---|--------------------|------------------|
|                               |   | $K_{\text{ПО.ф}}$  | $K_{\text{в.ф}}$ |
| 97                            | 3   | 32                 | 1/32             |
| 96                            | 4   | 24                 | 1/24             |
| 94                            | 6   | 15,7               | 1/15,7           |

Количество пенообразователя, л, необходимое для получения раствора, при определенной емкости АЦ, рассчитывается по формуле

$$W_{\text{ПО.гр}} = \frac{0,9W_{\text{ц}}C_{\text{ПО}}^{\text{pp}}}{C_{\text{в}}^{\text{pp}}} = 0,9W_{\text{ц}}K_{\text{ПО.ф}}. \quad (1.46)$$

Сравнивая полученное значение требуемого количества пенообразователя для получения раствора с имеющимся на АП запасом, делаем вывод о его достаточности для полного использования вывозимой воды для пенообразователя.

Количество раствора пенообразователя в воде, л, которое можно получить при полном израсходовании вывозимой воды из емкости АЦ и достаточном количестве пенообразователя, определяется по формуле

$$W_{\text{pp}} = 0,9W_{\text{ц}}(1 + K_{\text{по.ф}}) \quad (1.47)$$

или

$$W_{\text{pp}} = \frac{0,9W_{\text{ц}} \cdot 100}{C_{\text{в}}^{\text{pp}}}, \quad (1.48)$$

где  $C_{\text{в}}^{\text{pp}}$  – концентрация воды в растворе, %.

Если количество пенообразователя недостаточно для полного израсходования воды из емкости, тогда количество раствора (или воды  $W_{\text{в}}$ ), л, будет определяться по формуле

$$W_{\text{pp}} = W_{\text{пбр}}K_{\text{в.ф}} + W_{\text{пбр}}, \quad (1.49)$$

где  $W_{\text{пбр}}$  – объем емкости для пенообразователя на АП, л;  $K_{\text{в.ф}}$  – фактическая доля воды в растворе, приходящаяся на один литр пенообразователя в зависимости от его концентрации.

Количество ВМП, м<sup>3</sup>, находится по формуле

$$W_{\text{п}} = W_{\text{pp}}K_{\text{п}}, \quad (1.50)$$

где  $K_{\text{п}}$  – кратность пены, получаемая при прохождении раствора через пенный ствол.

Количество ВМП, которое можно получить от бака с пенообразователем АНР с установкой его на водоисточник, определяется по формуле

$$W_{\text{п}} = \frac{W_{\text{пбр}} \cdot 10K_{\text{к.п}}}{C_{\text{ПО}}^{\text{pp}}}, \quad (1.51)$$

где  $W_{\text{п}}$  – объем пены, полученный из определенного количества пенообразователя, м<sup>3</sup>;  $K_{\text{к.п}}$  – коэффициент, учитывающий долю фактической кратности пены, получаемой на стволе, в сравнении с теоретической.

Возможная площадь тушения ГЖ и ЛВЖ пеной, м<sup>2</sup>, будет определяться по формуле

$$S_{\text{т}} = \frac{W_{\text{пп}}}{I_{\text{тр}} \tau_{\text{т}}^{\text{н}} \cdot 60} = \frac{W_{\text{пбр}} K_{\text{в.ф}} + W_{\text{пбр}}}{I_{\text{тр}} \tau_{\text{т}}^{\text{н}} \cdot 60}, \quad (1.52)$$

где  $\tau_{\text{т}}^{\text{н}}$  – нормативное (*расчетное*) время тушения, мин, равное 10 мин – для проливов и 15 мин – для резервуаров с ЛВЖ и ГЖ.

Площадь тушения ЛВЖ и ГЖ, м<sup>2</sup>, можно вычислить по формуле, которая учитывает фактическое время подачи пены в очаг пожара, а также ее фактическую кратность:

$$S_{\text{т}} = \frac{N_{\text{ств}} q_{\text{ств}}^{\text{пп}}}{I_{\text{тр}}^{\text{пп}}} K_{\text{т}} K_{\text{к.п}}, \quad (1.53)$$

где  $q_{\text{ств}}^{\text{пп}}$  – расход пенного ствола по раствору, л/с;  $I_{\text{тр}}^{\text{пп}}$  – требуемая интенсивность подачи раствора на тушение, л/с·м<sup>2</sup>;  $K_{\text{т}}$  – коэффициент, учитывающий долю фактического времени подачи раствора через стволы по сравнению с нормативным временем, определяется по формуле

$$K_{\text{т}} = \frac{\tau_{\text{раб}}^{\phi}}{\tau_{\text{т}}^{\text{н}}}, \quad (1.54)$$

где  $\tau_{\text{раб}}^{\phi}$  – фактическое время работы пенных стволов, мин;  $\tau_{\text{т}}^{\text{н}}$  – нормативное время тушения стволами;  $K_{\text{к.п}}$  – коэффициент, учитывающий долю фактической кратности пены, получаемой на стволе, который определяется по формуле

$$K_{\text{к.п}} = \frac{K_{\text{п.ф}}}{K_{\text{п.теор}}}, \quad (1.55)$$

где  $K_{\text{п.ф}}$  – кратность пены, фактически получаемая на генераторе, для ГПС-600  $K_{\text{п.ф}} = 60\text{--}80$ ;  $K_{\text{п.теор}}$  – теоретическая кратность пены, получаемая на ГПС-600, равная 100.

**Пример 1.23.** Определите требуемое количество пенообразователя с концентрацией 4 % в растворе, чтобы израсходовать всю воду из АЦ с емкостью 2 400 л.

**Решение.** Рассчитаем требуемое количество пенообразователя по формуле

$$W_{\text{ПО.тр}} = \frac{0,9 W_{\text{ц}} C_{\text{ПО}}^{\text{пп}}}{C_{\text{в}}^{\text{пп}}} = 0,9 W_{\text{ц}} K_{\text{ПО.ф}} = 0,9 \cdot 2400 \frac{1}{24} = 90 \text{ л.}$$

Пример 1.24. Определите количество 6%-го раствора пенообразователя в воде, которое можно получить от АЦ с емкостью 2 500 л.

Решение. Количество раствора, которое можно получить от АЦ, определяем по формулам:

$$W_{pp} = 0,9W_{ц} \left(1 + K_{по.ф}\right) = 0,9 \cdot 2500 \left(1 + \frac{1}{15,7}\right) = 2385 \text{ л}$$

или

$$W_{pp} = \frac{0,9W_{ц} \cdot 100}{C_{в}^{pp}} = \frac{0,9 \cdot 2500 \cdot 100}{94} = 2385 \text{ л.}$$

Пример 1.25. Определите количество 3%-го раствора пенообразователя в воде, которое можно получить из вывозимого на АЦ 150 л пенообразователя, если воды в емкости машины больше, чем требуется для полного израсходования пенообразователя.

Решение. Количество 3%-го раствора пенообразователя в воде, которое можно получить из вывозимого на АЦ пенообразователя, вычисляем по формуле

$$W_{pp} = W_{пбр} K_{в.ф} + W_{пбр} = 150 \cdot 32 + 150 = 4\ 815 \text{ л.}$$

Пример 1.26. Определите количество ВМП средней кратности ( $K_{п} = 80$ ), которое можно получить от АЦ с емкостью 2 600 л и емкостью для пенообразователя 250 л с пенообразователем ПО-3АИ.

Решение

1. Количество раствора, которое можно получить от АЦ, найдем по формуле

$$W_{pp} = 0,9W_{ц} \left(1 + K_{по.ф}\right) = 0,9 \cdot 2600 \left(1 + \frac{1}{32}\right) = 2410 \text{ л.}$$

2. Рассчитаем количество ВМП кратностью 80, которое можно получить от АЦ по формуле

$$W_{п} = W_{pp} K_{п} = 2410 \cdot 80 = 192,8 \text{ м}^3.$$

Пример 1.27. Определите количество ВМП средней кратности ( $K_{п} = 80$ ), которое можно получить из 200 л пенообразователя ПО-3АИ.

Решение. Определим количество ВМП по формуле

$$W_{п} = \frac{W_{пбр} \cdot 10K_{к.п}}{C_{по}^{pp}} = \frac{200 \cdot 10 \cdot \frac{80}{100}}{3} = 533 \text{ м}^3.$$

Пример 1.28. Определите возможную площадь горящей ЛВЖ и объем помещения, который может потушить отделение на АНР, установленном на водоисточник, если объем емкости для пенообразователя 300 л, а его концентрация в растворе – 6 %.

Решение

1. Определяем возможную площадь тушения ЛВЖ АНР по формуле

$$S_{\tau} = \frac{W_{\text{пбр}} K_{\text{в.ф}} + W_{\text{пбр}}}{I_{\text{тр}} \tau_{\tau}^{\text{H}} \cdot 60} = \frac{300 \cdot 15,7 + 300}{0,08 \cdot 10 \cdot 60} = 104 \text{ м}^2$$

или

$$S_{\tau} = \frac{W_{\text{pp}}}{I_{\text{тр}} \tau_{\tau}^{\text{H}} \cdot 60} = \frac{W_{\text{пбр}} \cdot 100}{I_{\text{тр}} \tau_{\tau}^{\text{H}} \cdot 60 \cdot C_{\text{ПО}}} = \frac{300 \cdot 100}{0,08 \cdot 10 \cdot 60 \cdot 6} = 104 \text{ м}^2.$$

2. Теоретически возможный объем помещения, который можно потушить ВМП средней кратности от АНР ( $K_{\text{п}} = 100$ ), вычисляется по формуле

$$W_{\text{пом}} = \frac{W_{\text{пбр}} \cdot 10}{C_{\text{ПО}}^{\text{pp}} K_{\text{p}}} = \frac{300 \cdot 10}{6 \cdot 3} = 166,7 \text{ м}^3, \quad (1.56)$$

где  $K_{\text{p}}$  – коэффициент разрушения пены, равный 3–3,5.

Пример 1.29. Определите возможную площадь тушения ГЖ отделением на АЦ-2,5-40 генератором ГПС-600 с рабочей линией на четыре рукава. Емкость АЦ 2 500 л, бака с пенообразователя ПО-6НП – 170 л. Фактическая кратность получаемой пены – 80.

Решение

1. Требуемое количество воды для получения раствора из 170 л пенообразователя находим по формуле

$$W_{\text{в}} = W_{\text{пбр}} K_{\text{в.ф}} = 170 \cdot 15,7 = 2670 \text{ л.}$$

Следовательно, воды на АЦ недостаточно для полного израсходования пенообразователя. Дальнейшие расчеты производятся, учитывая данные по запасу воды.

2. Фактическое время расходования воды на пенообразование через ГПС-600 определяется по формуле

$$\tau_{\text{раб}}^{\phi} = \frac{0,9W_{\text{ц}} - n_{\text{p}}W_{\text{p}}}{q_{\text{ств}}^{\text{в}} \cdot 60} = \frac{0,9 \cdot 2500 - 4 \cdot 70}{5,64 \cdot 60} \approx 6 \text{ мин.} \quad (1.57)$$

3. Определяем коэффициент, учитывающий долю фактического времени работы ствола по сравнению с нормативным временем, по формуле

$$K_{\tau} = \frac{\tau_{\text{раб}}^{\phi}}{\tau_{\tau}^{\text{H}}} = \frac{6}{10} = 0,6.$$

4. Коэффициент, учитывающий долю фактической кратности пены, получаемой из генератора, с теоретически возможной, рассчитываем по формуле

$$K_{к.п} = \frac{K_{п.ф}}{K_{п.теор}} = \frac{80}{100} = 0,8.$$

5. Вычисляем возможную площадь тушения ГЖ отделением на АЦ-2,5-40 по формуле

$$S_T = \frac{N_{ств} q_{ств}^{pp} K_T K_{к.п}}{I_{тр}^{pp}} = \frac{1 \cdot 6 \cdot 0,6 \cdot 0,8}{0,05} \approx 58 \text{ м}^2. \quad (1.35a)$$

Тушение пожаров в объемах некоторых помещений, например в вычислительных центрах, музеях и т. п., производится инертными газами. Наиболее часто мобильная пожарная техника в виде АГТ оснащена запасом баллонов с углекислым газом, являющимся огнетушащим веществом. Его огнетушащая концентрация в объеме горящего помещения должна быть не менее 30 %. Для подачи углекислого газа для тушения помещения по объему прокладываются рукавные линии, заканчивающиеся рукавными стволами с расходом 2 кг/с или стволами-пробойниками с расходом 5 и 16 кг/с огнетушащего вещества.

Алгоритм решения задач по определению количества баллонов с углекислым газом для тушения в объеме помещения.

1. Количество углекислого газа, кг, необходимое для тушения пожара в объеме помещения, определяется по формуле

$$W_{у.г}^{тр} = W_{пом} \frac{C_{у.г}}{100}, \quad (1.58)$$

где  $W_{пом}$  – объем горящего помещения, который необходимо заполнить углекислым газом,  $\text{м}^3$ ;  $C_{у.г}$  – огнетушащая концентрация углекислого газа для тушения пожаров в объеме, равная 30 %.

2. Количество баллонов с углекислым газом, необходимое для тушения в объеме помещения, определяется по формуле

$$N_{у.г.б}^{тр} = \frac{W_{у.г}^{тр}}{W_{у.г.б}}, \quad (1.59)$$

где  $W_{у.г.б}$  – количество углекислого газа в одном баллоне, равное  $12,5 \text{ м}^3$ .

3. Количество углекислоты, кг, необходимой для тушения пожара, рассчитывается по формуле

$$P_{ук} = W_{пом} q_{уд}^{ук}, \quad (1.60)$$

где  $q_{уд}^{ук}$  – удельный расход углекислоты, равный  $0,647\text{--}0,77 \text{ кг/м}^3$ .

4. Требуемый тип АГТ выбирается по техническим характеристикам.

5. Суммарный расход стволов, кг/с, для обеспечения подачи в объем помещения требуемого количества углекислоты вычисляется по формуле

$$\sum Q_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{ук}}}{\tau_{\text{т}}^{\text{н}}}. \quad (1.61)$$

6. Требуемое количество ручных стволов с расходом углекислоты 16 кг/с рассчитывается по формуле

$$N_{\text{ств}} = \frac{P_{\text{ук}} - 0,1P_{\text{ук}}}{\tau_{\text{т}}^{\text{н}} q_{\text{ств}}^{\text{ук}}}, \quad (1.62)$$

где  $0,1 P_{\text{ук}}$  – неиспользуемый остаток количества углекислоты в баллоне.

7. Возможный объем тушения помещения лафетными стволами определяется по формуле

$$W_{\text{пом}} = \frac{q_{\text{ств}} \tau_{\text{т}}^{\text{н}}}{q_{\text{уд}}^{\text{ук}}}. \quad (1.63)$$

Пример 1.30. Определите количество баллонов с углекислым газом для тушения пожара в помещении объемом  $500 \text{ м}^3$  и тип АГТ, обеспечивающий потребность в них, для ликвидации пожара.

Решение

1. Определяем количество углекислого газа, необходимое для тушения пожара, по формуле

$$W_{\text{у.г}}^{\text{тр}} = W_{\text{пом}} \frac{C_{\text{у.г}}}{100} = \frac{500 \cdot 30}{100} = 150 \text{ м}^3.$$

2. Находим требуемое количество баллонов для тушения пожара по формуле

$$N_{\text{у.г.б}}^{\text{тр}} = \frac{W_{\text{у.г}}^{\text{тр}}}{W_{\text{у.г.б}}} = \frac{150}{12,5} = 12 \text{ шт.}$$

3. Количество углекислоты, необходимой для тушения пожара, считаем по формуле

$$P_{\text{ук}} = W_{\text{пом}} q_{\text{уд}}^{\text{ук}} = 500 \cdot 0,647 = 323,5 \text{ кг.}$$

4. Определяем тип АГТ, необходимый для обеспечения подачи требуемого количества углекислоты. Для тушения пожара достаточен АГТ-0,6(3307)ПМ-547, вывозящий 600 кг углекислоты.

5. Требуемый суммарный расход стволов для подачи необходимого количества углекислоты в объем помещения определяем по формуле

$$\sum Q_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{ук}}}{\tau_{\text{т}}^{\text{н}}} = \frac{323,5}{60} \approx 5,4 \text{ кг/с.}$$



Следовательно, для тушения пожара необходимо подать 2 ствола: один с расходом углекислоты 5 кг/с и второй – 2 кг/с или двух стволов с расходом 3 кг/с каждый.

Пример 1.31. Определите объем горящего помещения, который можно потушить АГТ-3000(43101), если масса вывозимой углекислоты 2 880 кг. Рассчитайте требуемое количество стволов для тушения пожара и возможное время работы лафетного ствола с расходом 30 кг/с.

**Решение**

1. Определяем время работы лафетного ствола АГТ по формуле

$$\tau_{\text{раб}} = \frac{W_{\text{у.г}} - K_2 W_{\text{у.г}}}{N_{\text{ств}} q_{\text{ств}} \cdot 60} = \frac{2880 - 0,1 \cdot 2880}{1 \cdot 30 \cdot 60} \approx 1,4 \text{ мин.}$$

2. Определяем объем помещения, который можно потушить вывозимым запасом углекислоты, по формуле

$$W_{\text{пом}} = \frac{P_{\text{ук}} - 0,1 P_{\text{ук}}}{q_{\text{уд}}^{\text{ук}}} = \frac{2880 - 0,1 \cdot 2880}{0,647} \approx 4 000 \text{ м}^3,$$

3. Определяем требуемое количество ручных стволов с расходом углекислоты 16 кг/с для тушения в данном объеме помещения по формуле

$$N_{\text{ств}} = \frac{P_{\text{ук}} - 0,1 P_{\text{ук}}}{\tau_{\text{т}}^{\text{н}} q_{\text{ств}}^{\text{ук}}} = \frac{2880 - 0,1 \cdot 2880}{60 \cdot 16} \approx 3 \text{ ств.}$$

Такое количество стволов отделение АГТ подать не может по его тактическим характеристикам.

4. Находим возможный объем тушения помещения лафетным стволом по формуле

$$W_{\text{пом}} = \frac{q_{\text{ств}} \tau_{\text{т}}^{\text{н}}}{q_{\text{уд}}^{\text{ук}}} = \frac{30 \cdot 60}{0,647} \approx 2 760 \text{ м}^3.$$

Огнетушащие порошковые составы чаще всего применяются для тушения пожаров: ЛВЖ и ГЖ; некоторых видов металлов (магний, литий и т. п.), а также при ликвидации факельного горения газов. Огнетушащие порошковые составы подаются как на горящую поверхность, так и в объем или струю горящего газа или нефти. Расчетное время подготовленной порошковой атаки составляет 30 с, однако при определенной обстановке на пожаре это время может быть увеличено до 60 с.

Алгоритм решения задач по определению количества огнетушащего порошкового состава

1. Определяем требуемое количество порошка, кг, для тушения пожара на определенной площади по формуле

$$P_{\text{пор}}^{\text{тр}} = S_{\text{т}} q_{\text{уд}} = S_{\text{т}} I_{\text{тр}} \tau_{\text{т}}^{\text{н}}, \quad (1.64)$$

где  $q_{уд}$  – требуемый удельный расход огнетушащего порошкового состава, кг/м<sup>2</sup>;  $I_{тр}$  – требуемая интенсивность подачи огнетушащего порошкового состава, кг/с·м<sup>2</sup>;  $\tau_t^H$  – нормативное время подачи огнетушащего порошкового состава, равное 60 с.

2. Требуемый расход подачи порошкового состава, кг/с, на тушение определяется по формуле

$$Q_{тр} = \frac{P_{пор}^{тр}}{\tau_t^H}. \quad (1.65)$$

3. Количество лафетных стволов, необходимое для подачи требуемого расхода огнетушащего порошкового состава, рассчитываем по формуле

$$N_{ств} = \frac{Q_{тр}}{q_{ств}}. \quad (1.66)$$

4. Находим требуемое количество АП для ликвидации пожара по следующей формуле:

$$N_{АП} = \frac{P_{пор}^{тр}}{P_{пор}^{АП}}, \quad (1.67)$$

где  $P_{пор}^{АП}$  – количество порошка на одном АП, кг.

Пример 1.32. Определите требуемое количество стволов, огнетушащего порошкового состава и АП 2000-60 для ликвидации пожара разлившейся ГЖ на площади 100 м<sup>2</sup>.

**Решение**

1. Определяем требуемое количество огнетушащего порошка для тушения пожара

$$P_{пор}^{тр} = S_{г} I_{тр} \tau_t^H = 100 \cdot 0,3 \cdot 60 = 1800 \text{ кг.}$$

2. Находим требуемый расход подачи порошка на тушение по формуле

$$Q_{тр} = \frac{P_{пор}^{тр}}{\tau_t^H} = \frac{1800}{60} = 30 \text{ кг/с.}$$

3. Определяем количество лафетных стволов, необходимое для обеспечения требуемого расхода огнетушащего порошка, по формуле

$$N_{ств} = \frac{Q_{тр}}{q_{ств}} = \frac{30}{60} = 1.$$

4. Рассчитаем требуемое количество АП для ликвидации пожара по формуле

$$N_{АП} = \frac{P_{пор}^{тр}}{P_{пор}^{АП}} = \frac{1800}{2000} = 1.$$

Пример 1.33. Определите требуемое количество воды и отделений на АЦ для тушения торфяного пожара на площади 1 000 м<sup>2</sup>, если емкость АЦ  $W_{ц}$  составляет 3 м<sup>3</sup>, глубина прогара торфа  $h_{пр}$  равна 0,5 м, удельный расход воды на тушение  $Q_{уд}$  составляет 0,33 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, а в одну смену каждая АЦ может доставить и слить воду на тушение 8 раз ( $N_{запр}^{см}$ ).

Решение

1. Определим требуемое количество воды для тушения пожара на площади 1 000 м<sup>2</sup>:

$$W_{тр.в} = S_{т} h_{пр} Q_{уд} = 1000 \cdot 0,5 \cdot 0,33 = 165 \text{ м}^3. \quad (1.68)$$

2. Требуемое количество отделений на АЦ для тушения данной площади пожара рассчитывается по формуле

$$N_{тр} = \frac{S_{т} h_{пр} Q_{уд}}{N_{запр}^{см} W_{ц}} = \frac{1000 \cdot 0,5 \cdot 0,33}{8 \cdot 3} = 7 \text{ шт.} \quad (1.69)$$

## 1.6. Задания для решения задач по дисциплине «Пожарная тактика»

Задача 1.1. По данным табл. 1.5 определите оптимальные схемы подачи огнетушащих веществ.

Таблица 1.5

Расчет оптимальных схем подачи огнетушащих веществ

| № п/п | Количество и типы стволов | Диаметр насадка, мм | Высота подъема стволов, м | Расстояние от пожара до водосточника, м | Тип пожарной техники         |
|-------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---|------------------------------|
| 1     | 2 РС-50                   | 13                  | +5                        | 220                                     | АНР-40(431412)1276           |
| 2     | 2 РС-70                   | 19                  | +10                       | 180                                     | АЦ-2,5-40(1314)              |
| 3     | 2 РС-70                   | 25                  | +15                       | 170                                     | АЦ3,0-40(4326)               |
| 4     | 6 РС-50                   | 13                  | +3                        | 150                                     | АЦ4-40(4331-04)              |
| 5     | 4 РС-50<br>2 РС-70        | 13<br>19            | +4<br>+4                  | 130<br>130                              | АЦ-40(375)Ц1<br>АЦ-40(375)Ц1 |
| 6     | 6 РС-50                   | 13                  | +7                        | 120                                     | АЦ5-40(4925)                 |
| 7     | 2 РС-70                   | 19                  | +11                       | 170                                     | АЦ6,0-40(5557)               |
| 8     | 2 РС-50                   | 13                  | +14                       | 220                                     | АНР-40(431412)127            |
| 9     | 2 РС-70                   | 25                  | +8                        | 100                                     | АЦ8-40(5557)                 |
| 10    | 6 РС-50                   | 13                  | +6                        | 160                                     | АЦ-2,5-40(1314)              |
| 11    | 4 РС-50                   | 13                  | +13                       | 190                                     | АЦ3,0-40(4326)               |
| 12    | 2 РС-70                   | 25                  | 0                         | 150                                     | АЦ4-40(4331-04)              |
| 13    | 2 РС-70                   | 19                  | +9                        | 220                                     | АНР-40(130)127А              |
| 14    | 6 РС-50                   | 13                  | +14                       | 200                                     | АЦ3,0-40(4326)               |
| 15    | 2 РС-50                   | 13                  | +5                        | 300                                     | АНР-40(431412)127            |
| 16    | 4 РС-50<br>2 РС-70        | 13<br>19            | +9<br>+9                  | 120<br>120                              | АЦ-40(375)Ц1<br>АЦ-40(375)Ц1 |

## Оглавление

|  |     |
|--|-----|
| <b>Введение</b> .....  | 3   |
| <b>Глава 1. Методика расчетов параметров работы пожарной техники при тушении пожаров</b> .....   | 5   |
| 1.1. Забор воды из водоисточников .....  | 5   |
| 1.2. Расчет работы насосно-рукавных систем при подаче водяных стволов .....                      | 11  |
| 1.3. Перекачка и подвоз воды к месту пожара .....  | 14  |
| 1.4. Расчет работы насосно-рукавных систем при подаче пенных стволов .....                       | 18  |
| 1.5. Параметры тактических возможностей пожарных автомобилей по подаче огнетушащих веществ ..... | 20  |
| 1.6. Задания для решения задач по дисциплине «Пожарная тактика» .....                            | 35  |
| <b>Глава 2. Тушение пожаров на открытой местности</b> .....                                      | 54  |
| 2.1. Тушение торфяных пожаров .....  | 54  |
| 2.1.1. Краткое содержание порядка тушения пожаров торфяных полей и месторождений .....           | 67  |
| <i>Вопросы для самоконтроля</i> .....  | 68  |
| 2.2. Тушение лесных пожаров .....  | 68  |
| 2.2.1. Краткое содержание порядка тушения лесных пожаров .....                                   | 74  |
| <i>Вопросы для самоконтроля</i> .....  | 75  |
| 2.3. Тушение складов лесоматериалов .....  | 76  |
| 2.3.1. Организация тушения пожара на складах лесоматериалов .....                                | 88  |
| 2.3.2. Краткое содержание порядка тушения пожаров на складах лесоматериалов .....                | 96  |
| <i>Вопросы для самоконтроля</i> .....  | 97  |
| 2.4. Тушение самолетов в аэропорте .....   | 98  |
| 2.4.1. Краткое содержание порядка тушения летательных аппаратов на земле .....                   | 104 |
| 2.4.2. Краткое содержание порядка тушения летательных аппаратов на стоянках и в ангарах .....    | 105 |
| <i>Вопросы для самоконтроля</i> .....  | 105 |
| 2.5. Тушение открытых технологических установок (ОТУ) .....                                      | 106 |
| 2.5.1. Краткое содержание порядка тушения пожаров на объектах нефтехимии .....                   | 119 |
| <i>Вопросы для самоконтроля</i> .....  | 121 |
| 2.6. Тушение газовых и нефтяных фонтанов .....   | 122 |
| 2.6.1. Тушение компактных фонтанов водяными струями из лафетных стволов .....                    | 122 |
| 2.6.2. Тушение фонтанов автомобилями газоводяного тушения (АГВТ) .....                           | 128 |
| 2.6.3. Тушение фонтанов автомобилями газоводяного тушения (АГВТ) и водяными струями .....        | 133 |
| 2.6.4. Тушение пожаров газовых и нефтяных фонтанов вихрепорошковым способом .....                | 139 |

|   |     |
|---|-----|
| 2.6.5. Тушение пожаров газовых и газонефтяных фонтанов пневматическим порошковым пламеподавителем.....  | 146 |
| 2.6.6. Краткое содержание порядка тушения пожаров газовых и нефтяных фонтанов .....   | 152 |
| <i>Вопросы для самоконтроля</i> .....   | 154 |
| 2.7. Тушение разлитой горячей жидкости на автозаправочной (АЗС).....  | 154 |
| <i>Вопросы для самоконтроля</i> .....   | 162 |
| 2.8. Тушение разлитого сжиженного углеводородного газа на многотопливном автозаправочном комплексе (МАЗК) .....                               | 162 |
| 2.8.1. Краткое содержание порядка тушения на объектах хранения и переработки СУГ .....  | 171 |
| <i>Вопросы для самоконтроля</i> .....   | 175 |
| 2.9. Тушение разлитой жидкости на объектах железнодорожного транспорта.....   | 175 |
| 2.9.1. Краткое содержание порядка тушения пожара подвижного состава на железнодорожном транспорте, на товарных и сортировочных станциях ..... | 184 |
| <i>Вопросы для самоконтроля</i> .....   | 187 |
| 2.10. Тушение нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках.....   | 187 |
| 2.10.1. Краткое содержание порядка тушения пожаров в резервуарных парках нефти и нефтепродуктов.....  | 212 |
| <i>Вопросы для самоконтроля</i> .....   | 216 |
| <b>Глава 3. Тушение пожаров в зданиях</b> .....   | 217 |
| 3.1. Тушение пожаров на деревообрабатывающих предприятиях .....   | 217 |
| 3.1.1. Краткое содержание порядка тушения пожаров на предприятиях деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности.....              | 226 |
| <i>Вопросы для самоконтроля</i> .....   | 229 |
| 3.2. Тушение пожаров в зданиях повышенной этажности (ЗПЭ).....  | 230 |
| 3.2.1. Краткое содержание порядка тушения пожаров в ЗПЭ .....   | 241 |
| 3.2.2. Краткое содержание порядка тушения пожаров на объектах телевидения, радиовещания и связи .....   | 242 |
| 3.2.3. Краткое содержание порядка тушения пожаров в помещениях вычислительных центров.....  | 244 |
| 3.2.4. Краткое содержание порядка тушения пожаров в больницах .....   | 244 |
| <i>Особенности порядка тушения пожаров в больницах</i> .....  | 245 |
| 3.2.5. Краткое содержание порядка тушения пожаров в жилых и административных зданиях.....   | 247 |
| <i>Вопросы для самоконтроля</i> .....   | 251 |
| 3.3. Тушение пожаров на складах минеральных удобрений и ядохимикатов в зданиях.....   | 251 |
| 3.3.1. Краткое содержание порядка тушения пожаров минеральных удобрений и ядохимикатов .....  | 260 |
| <i>Вопросы для самоконтроля</i> .....   | 265 |
| 3.4. Тушение пожаров покрытий больших площадей зданий из легких металлических конструкций (ЛКМ).....  | 265 |

|   |     |
|---|-----|
| 3.4.1. Краткое содержание порядка тушения пожаров<br>в зданиях из легких металлических конструкций<br>с горючими полимерными утеплителями ..... | 278 |
| <i>Вопросы для самоконтроля</i> .....   | 279 |
| 3.5. Тушение пожара в кабельных тоннелях и зданиях электростанций .....   | 279 |
| 3.5.1. Краткое содержание порядка тушения пожаров<br>на энергетических объектах и в помещениях<br>с электроустановками .....                    | 290 |
| <i>Вопросы для самоконтроля</i> .....   | 291 |
| 3.6. Тушение пожаров высокостеллажных механизированных<br>складов (ВМС) в ограждениях .....   | 292 |
| <i>Вопросы для самоконтроля</i> .....   | 296 |
| <b>Приложения</b> .....   | 297 |
| <b>Список сокращений</b> .....  | 314 |
| <b>Литература</b> .....   | 317 |

Учебное издание

Артемьев Николай Сергеевич  
Подгрушный Александр Васильевич  
Трифонов Николай Яковлевич  
Григорьев Алексей Николаевич

# ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА

Задачник

Учебное пособие

Редактор *Л. А. Маслова*  
Технический редактор *Е. А. Пушкина*  
Корректор *Н. В. Федькова*

Подписано в печать 10.05.2012. Формат 60×90 1/16.  
Печ. л. 20,0. Уч.-изд. л. 14,6.  
Бумага офсетная. Тираж 400 экз. Заказ 370

Академия ГПС МЧС России  
129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4